

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-183744

(43)Date of publication of application : 07.07.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G01B 7/00

G03F 7/20

(21)Application number : 2003-423906

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 22.12.2003

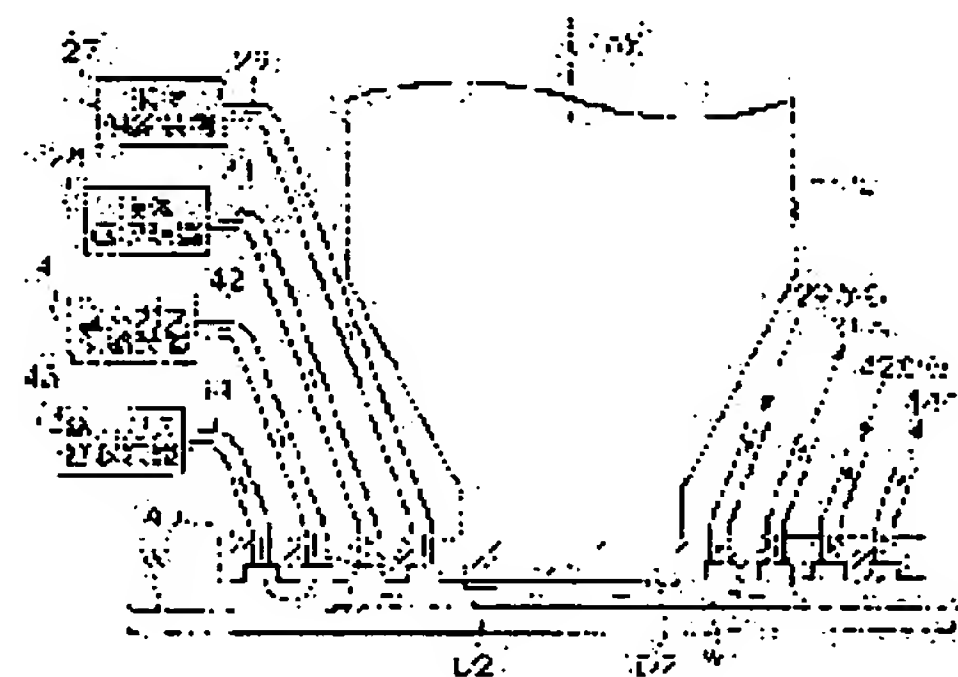
(72)Inventor : NAKANO KATSUSHI

(54) ALIGNER AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an aligner provided with a detection device capable of finding out a distance between a projecting optical system and a substrate at high accuracy even when space between the projecting optical system and the substrate is filled with liquid, and to provide a device manufacturing method for manufacturing a device by using the exposure device.

SOLUTION: A feed collection board 40 formed on the tip of the projecting optical system PL guides liquid w to a liquid collection device 28 together with liquid w filled between the projecting optical system PL and a wafer W. The liquid collection device 28 guides also nitrogen gas to the periphery of the liquid w and guides the nitrogen gas to a nitrogen gas collection device 43. Detection electrodes D2 for detecting electrostatic capacity between the supply collection board 40 and the wafer W are formed on the surface of the board 40 so as to be opposed to the wafer W. Since the nitrogen gas is supplied to the periphery of the liquid w, dissolution of a gas component such as carbon dioxide into the liquid w can be prevented, electrostatic capacity between the detection electrodes D2 and the wafer W can be accurately detected, and thereby the distance between the projecting optical system and the substrate can be found out at high accuracy.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the aligner which exposes a substrate through projection optics,
Detection equipment which detects the electric capacity between said projection optics and said substrates,
and finds the distance between said projection optics and said substrates in the condition that between said projection optics and said substrates is filled with the liquid,
The gas transfer unit which supplies inert gas to the perimeter of said liquid which is filling between said projection optics and said substrates
The aligner characterized by preparation *****.

[Claim 2]

It has the chamber which seals the space which includes at least the space where said liquid is filled,
Said gas transfer unit is an aligner according to claim 1 characterized by supplying said inert gas to the perimeter of said liquid by supplying said inert gas in said chamber.

[Claim 3]

The aligner according to claim 1 characterized by having gas recovery equipment which collects the inert gas supplied in said chamber by said gas transfer unit.

[Claim 4]

Said gas transfer unit is an aligner according to claim 1 characterized by supplying said inert gas to the perimeter of said liquid locally.

[Claim 5]

The aligner according to claim 4 characterized by having gas recovery equipment which collects the inert gas locally supplied to the perimeter of said liquid by said gas transfer unit.

[Claim 6]

It is attached in the point of said projection optics,
The 1st slot which leads the liquid from a liquid supply recovery system between said projection optics and said substrates,

The 2nd slot which leads said liquid which is filling between said projection optics and said substrates to said liquid supply recovery system,

The 3rd slot which leads locally the inert gas from said gas transfer unit to the perimeter of said liquid,

The 4th slot which leads the inert gas locally supplied to the perimeter of said liquid to said gas recovery equipment

The aligner according to claim 5 characterized by having the supply stripping section material which it comes to *****.

[Claim 7]

Said 3rd slot is an aligner according to claim 6 characterized by being formed so that said 1st slot and 2nd slot may be surrounded.

[Claim 8]

Said 4th slot is an aligner according to claim 7 characterized by being formed so that said 3rd slot may be surrounded.

[Claim 9]

An aligner given in any 1 term of claim 6 to claim 8 characterized by equipping the point of said supply stripping section material with the detection electrode which detects the electric capacity between said projection optics and said substrates.

[Claim 10]

In the aligner which exposes a substrate through projection optics,
Detection equipment which detects the electric capacity between the detection electrode attached in the point of said projection optics, and said substrate, and finds the distance between said projection optics and said substrates where a liquid is locally filled to the image surface side of said projection optics,
The metal member to which it was prepared in the perimeter of said substrate and the surface location was set almost identically to the surface location of said substrate
The aligner characterized by preparation *****.

[Claim 11]

The aligner according to claim 10 characterized by having the auxiliary electrode with which the same electrical signal as the electrical signal which is attached in the point of said projection optics, encloses the perimeter of said detection electrode, and is impressed to said detection electrode is impressed.

[Claim 12]

Said metal member is an aligner according to claim 10 or 11 characterized by being the member which comes to give metal plating to the base material made from the ceramics.

[Claim 13]

Said metal member is an aligner according to claim 10 or 11 characterized by covering the front face with the insulating material.

[Claim 14]

Said metal member is an aligner according to claim 10 or 11 characterized by forming in the front face covering which has either [at least] water-repellent or oil-repellent.

[Claim 15]

An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 14 characterized by having the liquid supply recovery system which collects said supplied liquids while supplying said liquid between said projection optics and said substrates.

[Claim 16]

The exposure process which carries out exposure processing to any 1 term of claim 1 to claim 15 to a substrate using the aligner of a publication,

The development process which develops the substrate which passed through said exposure process
***** -- the device manufacture approach characterized by things.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention exposes a substrate through projection optics, and relates to the device manufacture approach using the aligner which imprints a pattern on a substrate, and the aligner concerned.

[Background of the Invention]

[0002]

Devices, such as a semiconductor device, a liquid crystal display component, image pick-up equipments (CCD (charge Coupled Device) etc.), and the thin film magnetic head, are manufactured by the technique of the so-called photography which imprints the pattern formed in the mask on substrates (a semi-conductor wafer or a glass plate etc. with which the resist was applied). The aligner used at this photography process is equipment which imprints the pattern of a mask to a substrate through projection optics, having the mask stage which supports a mask, and the substrate stage which supports a substrate, and moving serially on a mask stage and a substrate stage.

[0003]

In order to imprint the pattern of a mask faithfully on a substrate using an aligner, where the front face of a substrate is doubled with the image surface of projection optics, it is necessary to expose a substrate. For this reason, to the front face of a substrate, the aligner irradiated detection light from across, adjusted the distance of Hazama of projection optics and a substrate according to the light-receiving location of detection light reflected on the surface of the substrate, and is equipped with the automatic focus device in which the front face of a substrate is automatically doubled with the image surface of projection optics. In addition, please refer to the following patent reference 1, for example about the detail of the aligner equipped with the automatic focus device of this oblique incidence type.

[0004]

Moreover, in recent years, since it corresponds to much more high integration of the pattern formed in a device, the further high resolution-ization of projection optics is desired. The resolution of projection optics becomes so high that the numerical aperture of projection optics is so large that the wavelength of the exposure light to be used becomes short. For this reason, wavelength of the exposure light used with an aligner is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of projection optics is also increasing. Although the aligner of the current mainstream is equipped with KrF excimer laser (wavelength of 248nm) as the light source, the aligner further equipped with the ArF excimer laser (wavelength of 193nm) of short wavelength is also being put in practical use.

[0005]

Moreover, in case it exposes, the depth of focus (DOF) as well as resolution becomes important. Resolution R and the depth of focus Δ are expressed with the following (1) types and (2) types, respectively.

$R = k_1 \lambda / NA$ (1)

$\Delta = k_2 \lambda / NA^2$ (2)

Here, the numerical aperture of projection optics, and k_1 and k_2 is [λ of the wavelength of exposure light and NA] process multipliers.

[0006]

In order to raise resolution R , when wavelength λ of exposure light is short-wavelength-ized and numerical aperture NA is enlarged from the above-mentioned (1) formula and (2) types, it turns out that the depth of focus Δ becomes narrow. When the depth of focus Δ becomes narrow too much, it becomes difficult to make the front face of a substrate agree to the image surface of projection optics, and there is a

possibility that the margins at the time of exposure actuation may run short. Then, the immersion method which considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially and making the depth of focus large, for example, is indicated by the following patent reference 2 is proposed. This immersion method expands the depth of focus by about n times while it improves resolution using filling between the inferior surface of tongue of projection optics, and the front faces of a substrate with liquids, such as water and an organic solvent, and the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid being set to $1/n$ in air (n being the refractive index of a liquid and being usually 1.2 to about 1.6).

[Patent reference 1] the [international public presentation] -- WO 00/No. 30163 pamphlet

[Patent reference 2] the [international public presentation] -- WO 99/No. 49504 pamphlet

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0007]

By the way, in order to realize an automatic focus device in the aligner using the immersion method mentioned above, it is necessary to make the detection light which irradiated detection light from across to the front face of a substrate through the liquid of Hazama of the inferior surface of tongue of projection optics, and the front face of a substrate, and was reflected on the surface of the substrate inject from a liquid. For this reason, while leading detection light to the side of the inferior surface of tongue of projection optics in a liquid, it is necessary to prepare the optical window which draws the detection light reflected on the surface of the substrate out of a liquid.

[0008]

However, when an optical window is prepared, there is a problem that the structure prepared in the inferior surface of tongue of projection optics will be enlarged. Moreover, since it is in the condition of having touched the liquid of Hazama of the inferior surface of tongue of projection optics, and the front face of a substrate, if an optical window vibrates by liquid flow, since the exposure location of the detection light to the front face of a substrate or the injection direction of detection light reflected with the substrate will change, an optical window has a possibility that the surface location of a substrate may be detected accidentally. Furthermore, there is a possibility that the refractive index of a liquid may change with fluctuation of the pressure of a liquid or temperature, and the injection direction of detection light reflected by this on the exposure location of the detection light to the front face of a substrate and the front face of a substrate may change.

[0009]

Even if this invention is made in view of the above-mentioned situation and between projection optics and substrates is filled with the liquid, it aims at offering the device manufacture approach of manufacturing a device using an aligner equipped with the detection equipment which can find the distance of Hazama of projection optics and a substrate in a high precision, and the aligner concerned.

[Means for Solving the Problem]

[0010]

In order to solve the above-mentioned technical problem, the aligner by the 1st viewpoint of this invention In the aligner (EX) which exposes a substrate (W) through projection optics (PL), in the condition that between said projection optics and said substrates is filled with the liquid (w) The detection equipment which detects the electric capacity of Hazama of said projection optics and said substrate, and finds the distance of Hazama of said projection optics and said substrate (25 D1, D2), It is characterized by having the gas transfer unit (37, 40, 41, WC) which supplies inert gas to the perimeter of said liquid which is filling between said projection optics and said substrates.

According to this invention, where inert gas is supplied to the perimeter of the liquid which fills between projection optics and substrates, the electric capacity of Hazama of projection optics and a substrate is detected through a liquid, and the distance of Hazama of projection optics and a substrate is found.

In order to solve the above-mentioned technical problem, the aligner by the 2nd viewpoint of this invention In the aligner (EX) which exposes a substrate (W) through projection optics (PL), where a liquid (w) is locally filled to the image surface side of said projection optics The detection equipment which detects the electric capacity of Hazama of the detection electrode (D11) attached in the point of said projection optics, and said substrate, and finds the distance of Hazama of said projection optics and said substrate (25 D10), It is prepared in the perimeter of said substrate and characterized by having the metal member (50) to which the surface location was set almost identically to the surface location of said substrate.

When the detection electrode attached in the point of projection optics is located near the edge of a substrate according to this invention, the electric capacity of projection optics and a substrate is detected through a

liquid in the condition of carrying out incidence of the line of electric force from a detection electrode almost at right angles to a substrate and the metal member to which the surface location was set almost identically to the surface location of a substrate, and the distance of Hazama of projection optics and a substrate is found.

The device manufacture approach of this invention is characterized by including the exposure process (S26) which performs exposure processing to a substrate using an aligner given in above any they are, and the development process (S27) which develops the substrate which passed through said exposure process. According to this invention, a substrate is exposed and developed in the condition that the front face of a substrate doubled with the image surface of projection optics based on the detection result of detection equipment prepared in the above-mentioned aligner.

[Effect of the Invention]

[0011]

By supplying inert gas to the perimeter of the liquid which fills between projection optics and substrates according to this invention Since the gas to which the conductivity or the dielectric constants of a liquid, such as a carbon dioxide, are changed is changing into the condition of not dissolving in a liquid, Even if it can detect the electric capacity of Hazama of the projection optics and the substrate through a liquid with a sufficient precision and between projection optics and substrates is filled with the liquid as this result, it is effective in the ability to find the distance of Hazama of projection optics and a substrate in a high precision.

Moreover, even if the detection electrode attached in the point of projection optics is located near the edge of a substrate according to this invention Since the line of electric force from a detection electrode can be changed into the condition that concentrate on the edge of a substrate, line of electric force is not disturbed, and line of electric force is carrying out incidence almost at right angles to a substrate and a metal member, Even if it can detect the electric capacity of Hazama of the projection optics and the substrate through a liquid with a sufficient precision and between projection optics and substrates is filled with the liquid as the result, it is effective in the ability to find the distance of Hazama of projection optics and a substrate in a high precision.

Moreover, according to this invention, the distance of Hazama of the projection optics and the substrate through a liquid is found in a high precision, and since exposure processing is performed in the condition that the front face of a substrate doubled with the image surface of projection optics precisely, it is effective in the ability to imprint a detailed pattern faithfully on a substrate.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0012]

Hereafter, with reference to a drawing, the aligner and the device manufacture approach by the operation gestalt of this invention are explained to a detail.

[0013]

[The 1st operation gestalt]

Drawing 1 is drawing showing the outline configuration of the aligner by the 1st operation gestalt of this invention. In addition, in drawing 1, some aligners EX are turned off, and it is lacked and illustrated. It is an immersion-type aligner exposed supplying Liquid w between projection optics PL and Wafer W, and the aligner EX shown in drawing 1 is an aligner of step - which imprints serially the pattern formed in Reticle R to Wafer W, and manufactures a semiconductor device, and - scanning method, moving relatively the wafer W as Reticle R and the substrate as a mask to the projection optics PL in drawing 1.

[0014]

In addition, in the following explanation, the XYZ rectangular coordinate system shown all over drawing is set up, and the physical relationship of each part material is explained, referring to this XYZ rectangular coordinate system. A XYZ rectangular coordinate system is set up so that the X-axis and a Y-axis may become parallel to Wafer W, and it is set up in the direction in which the Z-axis intersects perpendicularly to Wafer W. The XYZ system of coordinates in drawing are set as the field where XY flat surface is parallel to a horizontal plane in fact, and the Z-axis is set as vertical above. Moreover, with this operation gestalt, the direction (scanning direction SD) to which Reticle R and Wafer W are moved is set up in the direction of Y.

[0015]

The aligner EX shown in drawing 1 is divided roughly into the illumination-light study system IS, the reticle control unit RO, projection optics PL, and the wafer control unit WO, and the illumination-light study system IS, the reticle control unit RO, and projection optics PL are contained, respectively, where it was isolated from the open air and whenever [sealing] is raised to the box-like illumination system chamber IC,

and the reticle room RC and the interior of Lens-barrel PC. Moreover, the wafer control unit WO and the lower part section of Lens-barrel PC are contained, where it was isolated from the open air and whenever [sealing] is raised to the interior of the wafer room WC. In addition, although illustration is omitted, the aligner EX of this operation gestalt is contained inside one big chamber by which the temperature of an internal gas was controlled at predetermined target within the limits.

[0016]

The exposure light source 10 is attached in the lower part of the illumination system chamber IC. This exposure light source 10 is ArF excimer laser which generates pulse laser light with a wavelength [of a vacuum ultraviolet area] of 193nm. From the exposure light source 10, by the mirror 11, the exposure light IL (energy beam) injected in the illumination system chamber IC be deflect by + Z direction, and carry out incidence to the fly eye lens (or rod lens) 13 as an optical integrator (homogenizer) through the beam plastic surgery optical system 12 which perform plastic surgery and light control of the automatic tracking section which be illustrate for unite the optical axis gap by vibration etc., and the cross section configuration of an illumination system.

[0017]

The aperture-diaphragm plate (un-illustrating) is arranged free [rotation] by the drive motor (un-illustrating) at the injection side of the fly eye lens 13, i.e., the pupil surface of the illumination-light study system IS, (it is [the pupil surface of projection optics PL, and] a field [****] optically). An aperture-diaphragm plate consists of a disk which consisted of the surroundings of a revolving shaft free [rotation], and two or more aperture diaphragms, such as a circular aperture diaphragm for lighting, an aperture diaphragm for zona-orbicularis lighting, an aperture diaphragm for 4 pole deformation lighting (4 pole lighting), and an aperture diaphragm of the small small-circle form for coherence factors (sigma value), are usually formed along the hoop direction. It connects with the revolving shaft of a drive motor, and the revolving shaft of an aperture-diaphragm plate can change the aperture diaphragm arranged to the injection side of the fly eye lens 13 by driving a drive motor and rotating an aperture-diaphragm plate around a revolving shaft. The main control system 25 which carries out generalization control of the actuation of the whole aligner EX controls the drive of a drive motor.

[0018]

By the mirror 14, the exposure light IL which passed any one of the aperture diaphragms which were injected from the fly eye lens 13 and formed in the aperture-diaphragm plate is deflected in the direction of +Y, and reaches a field diaphragm (reticle blind) 16 through a relay lens 15. This field diaphragm consists of a movable lighting field diaphragm (movable blind) constituted movable, in order to prevent the exposure to an unnecessary part at the time of the fixed lighting field diaphragm (fixed blind) which specifies the configuration of the lighting field of a rectangle long and slender in the field (henceforth a reticle side) in which the pattern of Reticle R is formed, initiation of scan exposure, and termination. The fixed lighting field diaphragm is arranged on the field slightly shifted from the conjugation side over a reticle side, in order to prevent the addition quantity of light unevenness in a scanning direction SD, and a movable lighting field diaphragm is arranged in the conjugation side over a reticle side.

[0019]

The exposure light IL which passed the field diaphragm 16 illuminates the lighting field of the rectangle (the shape of a slit) set as the reticle side of Reticle R through the relay lens 17, the mirror 18, and the condensing lens system 19 fixed to the point of the illumination system chamber IC in order by uniform illumination distribution. The illumination-light study system IS is constituted by the configuration from the exposure light source 10 to the condensing lens system 19, and the optical path of the exposure light IL in the illumination-light study system IS, i.e., the optical path from the exposure light source 10 to the condensing lens system 19, is sealed by the illumination system chamber IC.

[0020]

the basis of the exposure light IL from the illumination-light study system IS -- the image of the pattern in the lighting field of Reticle R -- a both-sides tele cent -- through the rucksack projection optics PL, it is the predetermined projection scale factor beta (beta is $1/4$, or $1/5$ grades), and is projected on the exposure field (projection field) of the shape of a slit on the wafer W as a substrate arranged in the image surface of projection optics PL. Wafers W are disc-like substrates, such as semi-conductors (silicon etc.) or SOI (silicon on insulator).

[0021]

Projection optics PL is constituted including two or more optical elements, such as a lens. With this operation gestalt, the light of the ArF excimer laser light of a vacuum ultraviolet area is used as an exposure

light IL. For this reason, as ** material of the optical element which constitutes projection optics PL, synthetic quartz or fluorite (calcium fluoride: CaF_2) is used, for example. A part of optical element with which projection optics PL is equipped consists of the surroundings of a shaft parallel to movable and a shaft or a Y-axis parallel to the X-axis possible [a tilt] in the optical-axis AX direction (Z direction) of projection optics PL, and these optical elements are controlled by the non-illustrated lens control system. The interior of projection optics PL is divided with the optical element, and, thereby, two or more space is formed. In addition, although the projection optics PL of this operation gestalt is dioptric ** (refractive media), it cannot be overemphasized that a catadioptric system (reflective refractive media) and a reflective system can also be used.

[0022]

In the reticle control unit RO, Reticle R is held on the reticle stage 20. A reticle stage 20 carries out the minute drive of the reticle R around the direction of X, the direction of Y, and the Z-axis so that a synchronization error may be reduced, while carrying out continuation migration of the reticle R in the direction of Y on the non-illustrated reticle base synchronizing with the below-mentioned wafer stage. The location and angle of rotation of a reticle stage 20 are measured with high precision by the non-illustrated laser interferometer, and a reticle stage 20 drives actuation of this measurement value and the whole equipment based on the control information from the main control system 25 which consists of a computer which carries out generalization control.

[0023]

The reticle control unit RO consists of a reticle stage 20, the non-illustrated reticle base, a non-illustrated reticle loader, etc., and the optical path of the exposure light IL in the reticle control unit RO, i.e., the optical path from the condensing lens system 19 to projection optics PL, is sealed by the reticle room RC. Moreover, in projection optics PL, two or more optical elements, such as a lens, are sealed and contained in Lens-barrel PC. The optical path from the optical member by the side of the reticle R of projection optics PL to the optical member by the side of a wafer is sealed in Lens-barrel PC.

[0024]

In the wafer control unit WO, adsorption maintenance of the wafer W is carried out in the installation side on the wafer holder 21, and the wafer holder 21 is being fixed on the wafer stage 22. In addition, in the condition that Wafer W is held on the wafer holder 21, Wafer W is grounded so that the potential may become equal to touch-down potential. The liquid w which Liquid w was supplied from the liquid feeder 27 mentioned later to a part of space [at least] of Hazama of projection optics PL (optical element of the optical elements contained in projection optics PL most located in an image surface side) and Wafer W, and was supplied to the space of Hazama of projection optics PL and Wafer W is recovered by the liquid recovery system 28 mentioned later.

[0025]

In addition, it is 0.1mm - about several mm in spacing between the optical element of the optical elements contained in projection optics PL most located in an image surface side, and Wafer W. This liquid w is pure water. The reason using pure water as a liquid w is because there is little absorption to ArF excimer laser light while a refractive index is higher than a gas (air or nitrogen gas) and it can raise the numerical aperture of projection optics PL.

[0026]

The wafer stage 22 carries out step migration of the wafer W in the direction of X, and the direction of Y while carrying out continuation migration of the wafer W in the direction of Y synchronizing with the reticle stage 20 mentioned above on the non-illustrated wafer base. Moreover, Wafer W is moved to a Z direction and the posture (rotation of the circumference of the X-axis, a Y-axis, and the Z-axis) of Wafer W is changed. The migration mirror 23 is attached in the end of the top face of the wafer stage 22, and the laser interferometer 24 which injects a laser beam towards this migration mirror 28 is formed. The location of the direction of X of the wafer stage 22 and the direction of Y and the surrounding angle of rotation (the amount of pitching) of the X-axis, the surrounding angle of rotation (the amount of rolling) of a Y-axis, and the surrounding angle of rotation (the amount of yawing) of the Z-axis are measured with high precision by the laser interferometer 24, and the wafer stage 22 drives them through the stage drive system 26 based on the control information from the measurement value and the main control system 25 of this laser interferometer 24.

[0027]

Moreover, the aligner EX of this operation gestalt is equipped with the electrostatic-capacity sensor which detects the electric capacity of Hazama of projection optics PL and Wafer W. This electrostatic-capacity

sensor is constituted including the detection electrode D1 attached in the field suitable for the wafer W side of the optical element of the optical elements contained in projection optics PL most located in an image surface side. By controlling the electrical potential difference which the main control system 25 impresses the alternating voltage which has a predetermined frequency to the detection electrode D1, and is impressed so that a current (displacement current) may become fixed, the electric capacity of Hazama of the detection electrode D1 and the wafer W in touch-down potential is calculated, and the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W is found from this electric capacity. And based on this distance, the wafer stage 22 is moved to a Z direction through the stage drive system 26, and control which doubles the front face of Wafer W with the image surface of projection optics PL is performed. The automatic focus device is realized by this configuration.

[0028]

In addition, it is attached in the wafer stage 22, and various configurations, such as a configuration which consists of a prismatic form separate mirror, a configuration which consists of a mirror of the L character mold of one apparatus, and a configuration which carries out mirror plane processing of the side face of the wafer stage 22, and is used as a mirror, are applied, and it deals in the migration mirror 23 which reflects the laser beam from a laser interferometer 24. Moreover, the wafer control unit WO is constituted by the wafer holder 21, the wafer stage 22, the non-illustrated wafer base, etc., and the wafer loader as a conveyance system etc. is arranged in the side of the wafer control unit WO (un-illustrating).

[0029]

Moreover, in the example shown in drawing 1, the lower part section of Lens-barrel PC is sealed by the wafer room WC at piping and the list which are extended from the wafer holder 21 which constitutes the wafer control unit WO and the wafer stage 22, the migration mirror 23, a laser interferometer 24, the stage drive system 26, the liquid feeder 27, and the liquid recovery system 28. In addition, although illustration is simplified in drawing 1, the vibrationproofing device is established so that vibration which produces under piping extended from the vibration accompanying migration of the wafer stage 22, the liquid feeder 27, and the liquid recovery system 28 when a liquid flows may not get across to the wafer room WC. Furthermore, the load lock chamber (un-illustrating) for performing carrying in and taking out of Wafer W, where internal airtightness is maintained is established in the wafer room WC. Moreover, in drawing 1, although the liquid feeder 27 and the liquid recovery system 28 are formed in the outside of the wafer room WC, in order to shorten piping length, you may prepare in the wafer room WC.

[0030]

The liquid feeder 27 is for filling some Hazama [at least] of projection optics PL and Wafer W with Liquid w, is equipped with a tank, a booster pump, etc. which hold Liquid w, and is constituted. The end section of a supply pipe 29 is connected to this liquid feeder 27, and the supply nozzle 30 is connected to the other end of a supply pipe 29. Liquid w is supplied to the space of Hazama of projection optics PL and Wafer W through these supply pipes 29 and the supply nozzle 30.

[0031]

The liquid recovery system 28 is equipped with a suction pump, the tank which holds the collected liquid w. The end section of the recovery tubing 31 is connected to the liquid recovery system 28, and the recovery nozzle 32 is connected to the other end of the recovery tubing 31. The liquids w supplied to the space of Hazama of projection optics PL and Wafer W are collected by the liquid recovery system 28 through the recovery nozzle 32 and the recovery tubing 31. These liquid feeder 27 and the liquid recovery system 28 are controlled by the main control system 25.

[0032]

That is, the liquid feeder 27 and the liquid recovery system 28 output [as opposed to / respectively / the time of supplying Liquid w to the space of Hazama of projection optics PL and Wafer W] a control signal, and the main control system 25 controls the amount of supply and the amount of recovery of Liquid w per unit time amount. As for Liquid w, only sufficient amount required between projection optics PL and Wafer W is supplied by this control. In addition, in the example shown in drawing 1, although the liquids w of Hazama of projection optics PL and Wafer W are collected in the upper part of the wafer stage 22, a stripping section may be prepared in the perimeter of the top face of Wafer W, and they may be used together.

[0033]

The interior of each of the space IC where the aligner EX of this operation gestalt met the optical path of the exposure light IL, i.e., an illumination system chamber, and the reticle room RC and Lens-barrel PC is filled with the nitrogen gas as penetrable gas with little energy-absorbing to the beam of a vacuum ultraviolet area,

and the atmospheric pressure is set up to the same extent as atmospheric pressure, or more highly (highly [as opposed to / For example, / atmospheric pressure / in 0.001 - 10% of within the limits]). The feed pipe whose feed-pipe 33c is not illustrated to Lens-barrel PC is connected to the illumination system chamber IC for feed pipes 33a and 33b at the reticle room RC, respectively. In addition, the feed pipe which is not illustrated [which is connected to Lens-barrel PC] has the composition that only the number of the space divided with the optical element prepared in projection optics PL branched further.

[0034]

The flow control devices 34a-34c which consist of a flow rate adjustable bulb are formed in each of feed pipes 33a-33c, and the flow control device (un-illustrating) which consists of a flow rate adjustable bulb is prepared in each passage where the feed pipe which is not illustrated [which is connected to projection optics PL] branched, respectively. These flow control devices 34a-34c etc. are established in order to adjust the atmospheric pressure of each space divided with the optical element in the lighting chamber IC, and the reticle room RC and Lens-barrel PC, and each flow rate is controlled by the main control system 25.

[0035]

Moreover, recovery tubing whose recovery tubing 35c is not illustrated to Lens-barrel PC is connected to the illumination system chamber IC for the recovery tubing 35a and 35b at the reticle room RC, respectively. In addition, non-illustrated recovery tubing connected to Lens-barrel PC has the composition that only the number of the space divided with the optical element prepared in projection optics PL like the feed pipe which is not illustrated [which is connected to Lens-barrel PC] branched. The breaker styles 36a-36c are formed in each of the recovery tubing 35a-35c, and the non-illustrated breaker style is prepared in each passage where non-illustrated recovery tubing connected to Lens-barrel PC branched, respectively. It is prepared in order that these breaker styles may discharge the nitrogen gas supplied to each space divided with the optical element in the lighting chamber IC, and the reticle room RC and Lens-barrel PC according to an individual, and each switching action is controlled by the main control system 25.

[0036]

Furthermore, the nitrogen gas transfer unit 37 which supplies the nitrogen gas as inert gas by which temperature control was carried out into the wafer room WC to the wafer room WC separately [the above-mentioned feed pipes 33a-33c etc.], and the nitrogen gas recovery equipment 38 which collects the nitrogen gas supplied in the wafer room WC are connected, respectively. In addition, as for nitrogen gas, it is desirable that it is the dry nitrogen gas which does not contain moisture. These nitrogen gas transfer unit 37 and nitrogen gas recovery equipment 38 are making the inside of the wafer room WC filled with nitrogen gas, and they are formed in order to prevent that the gas component (for example, carbon dioxide in air) to which the conductivity or the dielectric constant of Liquid w is changed dissolves in the liquid w supplied between projection optics PL and Wafer W.

[0037]

The electrostatic-capacity sensor has detected the electric capacity of Hazama of the detection electrode D1 attached in projection optics PL, and the wafer W set as touch-down potential, and if Liquids w are nonconductors, such as pure water, between the detection electrode D1 and Wafer W, only the displacement current will flow, as mentioned above. However, since Liquid w will have electrical conductivity and not only the displacement current but leakage current will flow between the detection electrode D1 and Wafer W if gas components, such as a carbon dioxide, dissolve in Liquid w, a detection error produces only the part of leakage current. If pure water is left in atmospheric air, since it is known that pure water will dissolve the carbon dioxide in air rapidly, and especially conductivity will rise rapidly, it is not desirable to make atmospheric air touched with pure water.

[0038]

Although leakage current can also be prevented if the detection electrode D1 is covered with an insulator, the detection electrode D1 covered with the insulator may be unable to be used. Moreover, although leakage current does not flow when the detection electrode D1 covered with the insulator is used, since the dielectric constant of Liquid w changes with the amounts of dissolutions of a gas component, a detection error arises also by this. For this reason, the inside of the wafer room WC is made filled with nitrogen gas into Liquid w with this operation gestalt that it should prevent that these gas components dissolve. The amount of supply of the nitrogen gas by the nitrogen gas transfer unit 37 and the amount of recovery of the nitrogen gas by nitrogen gas recovery equipment 38 are controlled by the main control system 25.

[0039]

Next, actuation of the aligner in the above-mentioned configuration is explained. First, the main-control system 25 controls the flow rate of the nitrogen gas which adjusts the flow control devices 34a-34c based on

the detection result of a non-illustrated pressure sensor prepared in each space divided with the optical element in the illumination system chamber IC, and the reticle room RC and Lens-barrel PC, and flows into each, and controls the pressure in each space divided with the optical element in the illumination system chamber IC, and the reticle room RC and Lens-barrel PC according to an individual. Moreover, a control signal is outputted to each of the nitrogen gas transfer unit 37 and nitrogen gas recovery equipment 38, while supplying nitrogen gas in the wafer room WC, the nitrogen gas supplied to the wafer room WC is collected, and the inside of the wafer room WC is made filled with nitrogen gas.

[0040]

Next, the main control system 25 controls the wafer loader equipment which is not illustrated, carries in the wafer W for exposure in the wafer room WC through a non-illustrated load lock chamber, and is made to lay it on the wafer holder 21. Moreover, while carrying in Wafer W, the main control system 25 carries in a predetermined reticle from a non-illustrated reticle library, and is made to lay it on a reticle stage 20. The pressure of each space divided with the optical element under control of the main control system 25 and in the illumination system chamber IC, and the reticle room RC and Lens-barrel PC is kept constant, and the main control system 25 outputs a control signal to the liquid feeder 27 and the liquid recovery system 28 in the condition that the inside of the wafer room WC is filled with nitrogen gas.

[0041]

Thereby, Liquid w is supplied from the liquid feeder 27 through a supply pipe 29 and the supply nozzle 30 in order to a part of space [at least] of Hazama of projection optics PL and Wafer W. Here, since the inside of the wafer room WC is filled with nitrogen gas, gas components, such as a carbon dioxide, do not dissolve in Liquid w, and the rate of electrical conductivity and dielectric constant of Liquid w do not change. The liquids w supplied between projection optics PL and Wafer W are collected by the liquid recovery system 28 through the recovery nozzle 32 and the recovery tubing 31 in order.

[0042]

After the main control system 25 moves a reticle stage 20 and the wafer stage 22 to a scanning direction SD and reaches a predetermined rate, it outputs a control signal to the exposure light source 10, and makes the exposure light IL inject in the condition that Liquid w is supplied between projection optics PL and Wafer W. After it is reflected in + Z direction by the mirror 11 and the exposure light IL injected from the exposure light source 10 minds the beam plastic surgery optical system 12, incidence of it is carried out to the fly eye lens 13. It is reflected in the direction of Y+ by the mirror 14, and the exposure light IL which passed any one of the aperture diaphragms which were injected from the fly eye lens 13 and formed in the aperture-diaphragm plate reaches a field diaphragm 16 through a relay lens 15 by it. The exposure light IL which passed the field diaphragm 16 illuminates the lighting field of the rectangle (the shape of a slit) set as the reticle side of Reticle R through the relay lens 17, the mirror 18, and the condensing lens system 19 fixed to the point of the illumination system chamber IC in order by uniform illumination distribution.

[0043]

After it carries out incidence of the exposure light IL which penetrated Reticle R to projection optics PL and it minds projection optics PL, it penetrates the liquid w supplied between projection optics PL and Wafer W, and is projected on Wafer W. Since Reticle R and Wafer W are moving relatively at this time, the pattern of Reticle R is serially imprinted by the shot field of Wafer W. While performing this exposure processing, the main control system 25 controls the alternating voltage impressed to the detection electrode D1 so that the current (displacement current) which flows between the detection electrode D1 and Wafer W may become fixed. The electric capacity of Hazama of the detection electrode D1 and the wafer W in touch-down potential is detected from the current which is flowing, and the alternating voltage currently impressed, and the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W is found from this detection result. And according to this distance, the wafer stage 22 is moved to a Z direction, and the front face of Wafer W doubles with the image surface of projection optics PL. If the exposure processing to one shot field is completed, the main control system 25 will make the step migration of the wafer stage 22 carry out in the direction of X, or the direction of Y, and will perform exposure processing similarly to the next shot field.

[0044]

Thus, since the inside of the wafer room WC is made filled with nitrogen gas and he is trying for gas components, such as a carbon dioxide, not to dissolve in Liquid w, the aligner EX of this operation gestalt can detect precisely the electric capacity of Hazama of the detection electrode D1 and Wafer W, and can find the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W in a high precision as the result. And since the front face of Wafer W can be doubled with the image surface of projection optics PL with a sufficient precision by moving the wafer stage 22 to a Z direction according to the found distance, a detailed pattern

can be faithfully imprinted on Wafer W.

[0045]

[The 2nd operation gestalt]

Since the 1st operation gestalt explained above was a configuration which supplies nitrogen gas in the wafer room WC containing the wafer stage 22 and the lower part section of Lens-barrel PC, its consumption of nitrogen gas increases. Moreover, the load lock chamber (un-illustrating) for performing carrying in and taking out of Wafer W, where the airtightness inside wafer room WC is maintained is needed. For this reason, with the configuration of the 1st operation gestalt, the cost and the running cost of Aligner EX become high. Moreover, since it is the structure where the wafer stage 22 grade was sealed in the wafer room WC, maintenance nature also worsens. The aligner by the 2nd operation gestalt of this invention explained below supplies nitrogen gas to the perimeter of Liquid w locally that the above trouble should be canceled.

[0046]

The whole aligner configuration by the 2nd operation gestalt of this invention is a configuration of having excluded the nitrogen gas transfer unit 37, nitrogen gas recovery equipment 37, and the wafer room WC from the aligner EX by the 1st operation gestalt of this invention shown in drawing 1. Drawing 2 is the sectional view showing the outline configuration of the important section of the aligner by the 2nd operation gestalt of this invention. In addition, in drawing 2, the same sign is given to the member equivalent to the member shown in drawing 1. The aligner of this operation gestalt equips the point by the side of the image surface of projection optics PL with the supply recovery plate 40 as supply stripping section material which collects the liquids w supplied while leading Liquid w between projection optics PL and Wafer W, and collects the nitrogen gas supplied while leading nitrogen gas to the perimeter of Liquid w locally as shown in drawing 2.

[0047]

Drawing 3 is the cross-section perspective view showing the configuration of the supply recovery plate 40. The appearance configuration in which the supply recovery plate 40 was formed with synthetic quartz or fluoride is the member of an abbreviation rectangle configuration as shown in drawing 3. The center section CR of the field which counters the wafer W of the supply recovery plate 40 is a field through which the exposure light IL through projection optics PL passes. this center section CR -- the supply recovery plate 40 is arranged at the point by the side of the image surface of projection optics PL so that the optical axis AX of projection optics PL may pass along a core mostly. Moreover, it is on a center section CR and the detection electrode D2 which forms some electrostatic-capacity sensors is formed in the part which does not shade the exposure light IL as shown in drawing 2. In addition, the projection optics PL of this operation gestalt does not have at all same projection optics PL and optical property which were shown in drawing 1, and the optical design including the supply recovery plate 40 is made.

[0048]

The liquid supply slot G1, the liquid recovery slot G2, nitrogen gas supply slot G3, and the nitrogen gas recovery slot G4 are formed sequentially from the inside as two or more slots are formed in the field which counters the wafer W of the supply recovery plate 40 so that a center section CR may be surrounded, and shown in drawing 3. Moreover, the liquid feeder 27 is connected to the liquid supply slot G1 through a supply pipe 29, and the liquid recovery system 28 is connected to the liquid recovery slot G2 through the recovery tubing 31 as shown in drawing 2. Moreover, the nitrogen gas transfer unit 41 is connected to nitrogen gas supply slot G3 through a feed pipe 42, and nitrogen gas recovery equipment 43 is connected to the nitrogen gas recovery slot G4 through the exhaust pipe 44. Two or more holes (un-illustrating) are formed in each slot of the supply recovery plate 40, only the number of the holes formed in the corresponding slot branches, and the point of a supply pipe 29, the recovery tubing 31, a feed pipe 42, and an exhaust pipe 44 is connected to the hole of a slot which corresponds, respectively.

[0049]

Nitrogen gas supply slot G3's being formed is leading nitrogen gas to the perimeter of Liquid w locally, and extruding the atmospheric air around Liquid w so that the liquid supply slot G1 and the liquid recovery slot G2 may be surrounded, and it is for preventing that gas components, such as a carbon dioxide in atmospheric air, dissolve in Liquid w. Moreover, if the nitrogen gas from nitrogen gas supply slot G3 is spread in atmospheric air (inside of the big chamber which is not illustrated [which contains Aligner EX]), effect will arise from a difference with the refractive index of nitrogen gas and atmospheric air in measurement of laser interferometer 24 grade. In order to prevent this effect, the nitrogen gas recovery slot G4 is formed so that nitrogen gas supply slot G3 may be surrounded, and he collects from the nitrogen gas

recovery slot G4 all the nitrogen gas supplied from nitrogen gas supply slot G3, and is trying to exhaust it.
[0050]

When performing exposure processing to Wafer W, the main control system 25 makes Wafer W and Reticle R carry in, and is made to hold on a reticle stage 20 and the wafer holder 21 first in the above-mentioned configuration, respectively. Next, the main control system 25 outputs a control signal to the liquid feeder 27 and the liquid recovery system 28, and it collects the supplied liquids w from the liquid recovery slot G2 through the recovery tubing 31 while it supplies Liquid w between the liquid supply slot G1 to the supply recovery plates 40 and Wafers W which were formed in the supply recovery plate 40 through the supply pipe 29.

[0051]

Moreover, the main control system 25 outputs a control signal to the nitrogen gas transfer unit 41 and nitrogen gas recovery equipment 43, and supplies nitrogen gas to the perimeter of Liquid w from nitrogen gas supply slot G3 through a feed pipe 42. The atmospheric air around Liquid w is extruded by this, and the perimeter of Liquid w will be in the condition of being locally covered with nitrogen gas. The nitrogen gas locally supplied to the perimeter of Liquid w is collected and exhausted by nitrogen gas recovery equipment 43 through an exhaust pipe 44 from the nitrogen gas recovery slot G4. In this condition, after the main control system's 25 moving a reticle stage 20 and the wafer stage 22 to a scanning direction SD and becoming a predetermined rate, the pattern of Reticle R is imprinted by the shot field of Wafer W like the 1st operation gestalt by making the exposure light IL inject from the exposure light source 1.

[0052]

In addition, while imprinting the pattern of Reticle R, the main control system 25 controls the alternating voltage impressed to the detection electrode D2 so that the current (displacement current) which flows between the detection electrodes D2 and Wafers W which were formed in the supply recovery plate 40 may become fixed. The electric capacity of Hazama of the detection electrode D2 and the wafer W in touch-down potential is detected from the current which is flowing, and the alternating voltage currently impressed, and the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W is found from this detection result. And according to this distance, the wafer stage 22 is moved to a Z direction, and the front face of Wafer W doubles with the image surface of projection optics PL. If the exposure processing to one shot field is completed, the main control system 25 will make the step migration of the wafer stage 22 carry out in the direction of X, or the direction of Y, and will perform exposure processing similarly to the next shot field.

[0053]

Thus, since he is trying for gas components, such as a carbon dioxide, not to dissolve the aligner EX of this operation gestalt in Liquid w by supplying nitrogen gas to the perimeter of the liquid w supplied between projection optics PL (supply recovery plate 40) and Wafer W locally, The electric capacity of Hazama of the detection electrode D2 and Wafer W can be precisely detected by low cost, and the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W can be found in a high precision as the result. And since the front face of Wafer W can be doubled with the image surface of projection optics PL with a sufficient precision by moving the wafer stage 22 to a Z direction according to the found distance, a detailed pattern can be faithfully imprinted on Wafer W. Moreover, since there is little consumption of nitrogen gas, it can reduce a running cost, and does not worsen maintenance nature further while it can suppress a cost rise of Aligner EX, since the aligner EX of this operation gestalt has not formed the wafer room WC which seals the wafer control unit WO like the 1st operation gestalt.

[0054]

[The 3rd operation gestalt]

Next, the 3rd operation gestalt of this invention is explained. The whole aligner configuration of this operation gestalt is the same as that of the 2nd operation gestalt almost. That is, it is the configuration of having excluded the nitrogen gas transfer unit 37, nitrogen gas recovery equipment 37, and the wafer room WC from the aligner EX by the 1st operation gestalt of this invention shown in drawing 1. Drawing 4 is drawing showing the wafer stage with which the aligner by the 3rd operation gestalt of this invention is equipped, (a) is a plan and (b) is the cross-section view Fig. of the A-A line shown in (a). in addition, drawing 4 -- even if it is, the same sign is given to the member equivalent to the member shown in drawing 1.

[0055]

The aligner of this operation gestalt is equipped with the metal ring 50 as a metal member arranged so that Wafer W may be surrounded on the wafer stage 22 as shown in drawing 4. At the edge of Wafer W, this

metal ring 50 is formed in order to prevent turbulence of the line of electric force from the detection electrode attached in projection optics PL. In addition, about the detail of turbulence prevention of line of electric force, it mentions later. The surface location is set up almost identically to the surface location of Wafer W, and the metal ring 50 is grounded so that the potential may become equal to touch-down potential. Since there is tolerance of thickness in Wafer W, it is not necessary to make the surface location of a metal ring 50 completely in agreement with the surface location of Wafer W. Although the quality of the material of this metal ring 50 is not restricted, the stainless steel which has corrosion resistance, for example is desirable. In addition, migration mirror 23Y prolonged in the direction of X for measuring the positional information of migration mirror 23X prolonged in the direction of Y for measuring the positional information of the direction of X and the direction of Y is prepared in the edge on the wafer stage 22.

[0056]

Here, the detection electrode prepared in projection optics PL is explained to a detail. Drawing 5 is drawing showing the configuration of the detection electrode prepared in an electrostatic-capacity sensor. The electrostatic-capacity sensor D10 is attached to the field suitable for the wafer W side of the optical element L1 of the optical elements contained in projection optics PL (the so-called point ball) most located in an image surface side two or more picking. In the example shown in drawing 5, the electrostatic-capacity sensor D10 faces across the passage field T of the exposure light IL of the shape of a slit extended in the direction of X in the direction of Y, and is arranged with regular intervals in the direction of X. The electrostatic-capacity sensor D10 arranged in the direction of -Y to the passage field T It is used in order to measure the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W, when exposing moving Wafer W in the direction of +Y. Conversely, the electrostatic-capacity sensor D10 arranged in the direction of +Y to the passage field T is used in order to measure the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W, when exposing moving Wafer W in the direction of -Y.

[0057]

The electrostatic-capacity sensor D10 is constituted including the guard electrodes D12 as the sensor electrode D11 as a detection electrode extended in the direction of Y, and an auxiliary electrode prepared so that the sensor electrode D11 might be surrounded. the line of electric force with which the sensor electrode D11 is an electrode used in order to detect the electric capacity of Hazama with the grounded wafer W, and guard electrodes D12 are extended from the sensor electrode D11 to Wafer W -- it is an electrode for preventing the deflection of the line of electric force in an inner edge.

[0058]

Here, when the sensor electrode D11 and the grounded wafer W are judged an parallel plate capacitor, the electric capacity C of an parallel plate capacitor is expressed with the following (1) types.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r S / d \quad \dots (1)$$

In the above-mentioned (1) formula, the area of the part with which, as for the specific inductive capacity of the matter (for example, pure water) with which the dielectric constant of vacuum and ϵ_r are arranged for ϵ_0 between the sensor electrode D11 and Wafer W, and S, the sensor electrode D11 and Wafer W lap, and d are the distance of the sensor electrode D11 and Wafer W.

[0059]

The above-mentioned (1) formula is a formula realized when all the line of electric force of Hazama of the sensor electrode D11 and Wafer W is parallel, and in order to turn at line of electric force in the edge of an parallel plate capacitor only in the case of an parallel plate capacitor, the capacity of an parallel plate capacitor becomes the thing [formula / above-mentioned (1)] shifted. With this operation gestalt, the alternating voltage impressed so that the current which flows to an parallel plate capacitor may become fixed is adjusted, the electric capacity of an parallel plate capacitor is detected, and the distance of Hazama of projection optics PL (sensor electrode D11) and Wafer W is found from this detection result.

[0060]

For this reason, when the detection error of the electric capacity of an parallel plate capacitor arises under the effect of the deflection of the line of electric force in an edge, the measurement precision of the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W will get worse. In order to prevent aggravation of this measurement precision, with this operation gestalt, guard electrodes D12 were formed so that the sensor electrode D11 might be surrounded, and the deflection of the line of electric force in the edge of the line of electric force from the sensor electrode D11 is prevented by impressing alternating voltage [being the same as that of the alternating voltage impressed to the sensor electrode D11 (inphase)] to guard electrodes D12.

[0061]

The detection pad section PD 1 to which area was set greatly is formed in the end of the sensor electrode

D11 rather than other parts, and the connection pad section PD 2 by which the signal line for impressing alternating voltage to the sensor electrode D11 is connected to the other end is formed. Moreover, guard electrodes D12 have the almost fixed width of face of a pattern, it is set as the configuration which encloses the sensor electrode D11 with a predetermined clearance to the sensor electrode D11, and the connection pad section PD 3 for impressing alternating voltage [being the same as that of the alternating voltage impressed to the sensor electrode D11 (inphase)] to guard electrodes D12 is formed in the end.

[0062]

The center section of the optical element L1 is almost flat, and the outside inclines so that, as for a periphery, a surface location may be located in + Z direction. The detection pad section PD 1 is formed in the flat part of an optical element L1, and the connection pad sections PD2 and PD3 are formed in the periphery toward which the optical element L1 inclines. For this reason, when Wafer W has been arranged under the projection optics PL (- Z direction), since the detection pad section PD 1 will be arranged in the location which approached Wafer W rather than the connection pad sections PD2 and PD3, the line of electric force from the connection pad sections PD2 and PD3 can lessen extremely effect which it has on measurement. In addition, the flat part of an optical element L1 is covered the whole surface other than the passage field T and the formation part of the electrostatic-capacity sensor D10, and the earth electrode D20 is formed in it.

[0063]

Next, the line of electric force of Hazama of the electrostatic-capacity sensor D10 and Wafer W is considered. Drawing 6 is drawing for explaining the line of electric force of Hazama of the electrostatic-capacity sensor D10 and Wafer W. In addition, in drawing 6, while omitting illustration of projection optics PL, the electrostatic-capacity sensor D10 is simplified and illustrated, and the liquid w further supplied between projection optics PL and Wafer W is omitting illustration.

[0064]

First, one of the electrostatic-capacity sensors D10 considers the case where it is located above the center section of Wafer W as shown in drawing 6 (a). In this case, the line of electric force from the sensor electrode D11 becomes almost parallel with the line of electric force formed of guard electrodes D12. For this reason, it can consider that the sensor electrode D11 and Wafer W are ideal parallel plate capacitors, and the above-mentioned (1) type can be applied.

[0065]

Next, when one of the electrostatic-capacity sensors D10 is located above the edge of Wafer W as shown in drawing 6 (b), some line of electric force from the electrostatic-capacity sensor D10 will come to carry out incidence toward the side face of Wafer W, and line of electric force will bend remarkably. In the example shown in drawing 6 (b), the line of electric force from guard electrodes D12 is carrying out incidence to the side face of Wafer W, and incidence of the line of electric force of the sensor electrode D11 has not been carried out to the side face of Wafer W. However, it will turn also at the line of electric force from the sensor electrode D in response to the effect of the deflection of the line of electric force from guard electrodes D12. By this, the electric capacity of Hazama of the sensor electrode D11 and Wafer W changes, and the measurement error of the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W arises as the result.

[0066]

On the other hand, with this operation gestalt, on the wafer stage 22, a metal ring 50 is formed so that Wafer W may be surrounded, and, moreover, the height of the surface location of a metal ring 50 is made to be the same as that of the surface location of Wafer W as shown in drawing 6 (c). For this reason, like drawing 6 (b), even if the electrostatic-capacity sensor D10 is located above the edge of Wafer W, incidence of the line of electric force from guard electrodes D12 is carried out to a metal ring 50, without bending greatly, and the line of electric force of the condition which showed in drawing 6 (a) mostly is obtained. Consequently, the line of electric force from the sensor electrode D11 can prevent the situation of bending greatly in response to the effect of the line of electric force of guard electrodes D12, and the measurement error of the distance of Hazama of projection optics PL and Wafer W is hardly produced.

[0067]

Even if the electrostatic-capacity sensor D10 is located above the center section of Wafer W by forming a metal ring 50 in the perimeter of Wafer W, and located above the edge, the distance of Hazama of projection optics PL (electrostatic-capacity sensor D10) and Wafer W can be measured precisely. Consequently, even if it is the case where which field of the shot field located in the shot field located in the center section of Wafer W and the edge of Wafer W is exposed, the front face of Wafer W can be exposed in the condition of

doubling with the image surface of projection optics PL.

[0068]

Moreover, when a metal ring 50 is formed in the perimeter of Wafer W, the liquid w supplied between projection optics PL and Wafer W will be held also on a metal ring 50. For this reason, as for a metal ring 50, it is desirable to give water-repellent coats, such as for example, a fluorine coat. Drawing 7 is drawing showing signs that Liquid w is held with a metal ring 50. The covering 51 which has water repellence is formed in the front face of a metal ring 50. It can prevent that Liquid w leaks on the wafer stage 22 immediately, and falls from the edge of Wafer W by forming a metal ring 50 in the perimeter of Wafer W, and Liquid w can prevent infiltrating into the clearance between Hazama of Wafer W and a metal ring 50 by forming the covering 51 which has water repellence on a front face in a metal ring 50.

[0069]

When Liquid w leaks on the wafer stage 22 and falls, there is a possibility of infiltrating into the wafer stage 22 interior and making the components of the wafer stage 22 corroding. Moreover, if Liquid w remains on the wafer stage 22, it will become the factor which forms a water mark in the optical element which Liquid w evaporated and was prepared in projection optics PL, or takes heat of vaporization, and causes temperature fluctuation of the wafer stage 22. Such faults can be prevented with this operation gestalt.

[0070]

In addition, since the case where pure water is used as a liquid w here was considered, the covering 51 which has water repellence was formed in the metal ring 50, but when using an oleophilic thing as a liquid w, it is desirable to use what has oil repellency as covering 51. Of course, covering of water-repellent and oil-repellent both may be made. Moreover, although the whole may be formed with the metal, the above-mentioned metal ring 50 can attain lightweight-izing of a metal ring 50, as a result lightweight-ization of the wafer stage 22, if what performed metal plating is used for the ceramics etc. Moreover, when Liquids w are not nonconductors, such as pure water, in order to prevent leakage current, it is desirable to use what carried out the coat of the insulator layer on the surface of the metal.

[0071]

As mentioned above, although the operation gestalt of this invention was explained, this invention is not restricted to the above-mentioned operation gestalt, but can be freely changed within the limits of this invention. For example, in the 1st operation gestalt mentioned above, although the inert gas locally supplied to the perimeter of Liquid w was used in the 2nd operation gestalt mentioned above, using nitrogen gas as inert gas supplied to the wafer room WC, halogen gas (Ar, Kr) etc. can also be used in addition to nitrogen gas.

[0072]

In addition, in the above-mentioned operation gestalt, as the exposure light source 1, since the ArF excimer laser is used, pure water is used as a liquid w. Pure water has an advantage without the bad influence to a photoresist, an optical element (lens), etc. on Wafer W while being able to come to hand in large quantities easily by a semi-conductor plant etc. Moreover, since the content of an impurity is very low, pure water can also expect the operation which washes a wafer W front face and the front face of an optical element established in the apical surface of projection optics PL, while not having a bad influence to an environment.

[0073]

Since the refractive index n of the pure water(water) to the exposure light whose wavelength is about 193nm is about 1.44, when ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) is used as the light source of exposure light, on Wafer W, it is short-wavelength-ized by $1/n$, i.e., about 134nm, and high resolution is obtained. Furthermore, when what is necessary is just to be able to secure the depth of focus comparable as the case where it is used in air since the depth of focus is expanded [be / it / under / air / comparing] to about n times, i.e., about 1.44 times, it can make the numerical aperture of projection optics PL increase more, and its resolution improves also at this point.

[0074]

In addition, a KrF excimer laser and F2 laser light source can also be used as the exposure light source 1 used for immersion exposure. What is necessary is just to use the liquid of fluorine systems, such as fault fluorine system oil [which can penetrate F2 laser beam as a liquid for immersion exposure / for example,], polyether, etc. fluoride (PFPE), when using F2 laser light source. Moreover, in addition to this, there is permeability over exposure light, a refractive index is high as much as possible, and it is also possible to use a stable thing (for example, cedar oil) to the photoresist applied to projection optics PL and a wafer W front face. Since absorption by atmospheric air is small when using a KrF excimer laser as the exposure light

source 1, the illumination system chamber IC and the reticle room RC are omissible.

[0075]

Moreover, this invention is applicable also to the aligner of the twin stage mold which laid processed substrates, such as a wafer, separately and was equipped with two independently movable stages in the XY direction as indicated by JP,10-163099,A, JP,10-214783,A, the ** table No. 505958 [2000 to] official report, etc.

[0076]

Furthermore, the single wavelength laser beam of the infrared region oscillated from DFB semiconductor laser or a fiber laser as the light source or a visible region may be amplified with the fiber amplifier with which the erbium (or both an erbium and ITTORIBIUMU) was doped, and the higher harmonic which carried out wavelength conversion may be used for ultraviolet radiation using a nonlinear optical crystal. For example, if oscillation wavelength of single wavelength laser is made into within the limits of 1.51-1.59 micrometers, the 10 time higher harmonic which is within the limits the 8 time higher harmonic which is within the limits whose generating wavelength is 189-199nm, or whose generating wavelength is 151-159nm will be outputted.

[0077]

If the ultraviolet radiation from which generating wavelength will turn into the same wavelength mostly if oscillation wavelength is especially made into within the limits of 1.544-1.553 micrometers, the 8 time higher harmonic, i.e., the ArF excimer laser light, within the limits which are 193-194nm, is obtained and oscillation wavelength is made into within the limits of 1.57-1.58 micrometers, the ultraviolet radiation from which generating wavelength turns into the same wavelength with the 10 time higher harmonic within the limits which are 157-158nm, i.e., F2 laser beam, mostly will be obtained. Moreover, if the 7 time higher harmonic which is within the limits whose generating wavelength is 147-160nm when oscillation wavelength is made into within the limits of 1.03-1.12 micrometers is outputted and especially oscillation wavelength is made into within the limits of 1.099-1.106 micrometers, the ultraviolet radiation from which generating wavelength turns into the same wavelength with the 7 time higher harmonic within the limits which are 157-158 micrometers, i.e., F2 laser beam, mostly will be obtained. In this case, as single wavelength oscillation laser, for example, an ITTORIBIUMU dope fiber laser can be used.

[0078]

Moreover, when using vacuum-ultraviolet light with a wavelength of 157nm as an exposure light IL, this exposure light IL is absorbed by oxygen (O₂), water (steam: H₂O), a carbon monoxide (CO), carbon dioxide gas (carbon dioxide: CO₂), the organic substance, the halogenide, etc. On the other hand, this exposure light IL is hardly absorbed by rare gas, such as helium (helium), neon (Ne), an argon (Ar), a krypton (Kr), a xenon (Xe), and a radon (Rn), at nitrogen gas (N₂) and hydrogen (H₂), and a list. Although the case where nitrogen gas was used as penetrable gas was mentioned as the example and the operation gestalt mentioned above explained it, hydrogen gas or these rare gas can also be used in addition to nitrogen gas.

[0079]

Nitrogen gas can act as extinction matter to light about 150nm or less, and wavelength can use gaseous helium as penetrable gas to the wavelength of about 100nm. Moreover, thermal conductivity is about 6 times the nitrogen gas, and since the amount of fluctuation of the refractive index to an allobar is about 1 of nitrogen gas/8, gaseous helium is especially excellent in high permeability, and the stability and cooling nature of an image formation property of optical system. In addition, since it is expensive, as long as the wavelength of exposure light is 150nm or more like F2 laser, gaseous helium may use nitrogen gas as the penetrable gas in order to reduce operation cost.

[0080]

Moreover, although the aligner of step - and - scanning method was mentioned as the example and the operation gestalt mentioned above explained it, this invention is applicable also to the aligner of a step-and-repeat method. Furthermore, this invention is applicable to the aligner used for manufacture of image sensors, such as an aligner which is used for manufacture of the display not only containing the aligner used for manufacture of a semiconductor device but a liquid crystal display component (LCD) etc., and imprints a device pattern to up to a glass plate, an aligner which is used for manufacture of the thin film magnetic head, and imprints a device pattern to up to a ceramic wafer, and CCD. Furthermore, in order to manufacture the reticle or mask used with an optical aligner, an EUV aligner, an X-ray aligner, an electron ray aligner, etc., this invention is applicable also to the aligner which imprints a circuit pattern to a glass substrate or a silicon wafer. Generally with the aligner using DUV (far-ultraviolet) light, VUV (vacuum ultraviolet) light, etc., a

transparency mold reticle is used here, and quartz glass, the quartz glass with which the fluorine was doped, fluorite, magnesium fluoride, or Xtal is used as a reticle substrate. Moreover, in the X-ray aligner or electron ray aligner of a pro squeak tee method, a transparency mold mask (a stencil mask, membrane mask) is used, and a silicon wafer etc. is used as a mask substrate. In addition, such an aligner is indicated by WO 99/No. 34255, WO 99/No. 50712, WO 99/No. 66370, JP,11-194479,A, JP,2000-12453,A, JP,2000-29202,A, etc.

[0081]

Next, the operation gestalt of the manufacture approach of the micro device which used the aligner and the exposure approach by the operation gestalt of this invention at the lithography process is explained. Drawing 8 is a flow chart which shows an example of the production process of micro devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, a liquid crystal panel, CCD, the thin film magnetic head, micro machine, etc.). As shown in drawing 8, first, in step S10 (design step), the function and engine-performance designs of a micro device (for example, circuit design of a semiconductor device etc.) are performed, and the pattern design for realizing the function is performed. Then, in step S11 (mask manufacture step), the mask (reticle) in which the designed circuit pattern was formed is manufactured. On the other hand, in step S12 (wafer manufacture step), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon.

[0082]

Next, in step S13 (wafer processing step), an actual circuit etc. is formed on a wafer with a lithography technique etc. so that the mask and wafer which were prepared at step S10 - step S12 may be used and mentioned later. Subsequently, in step S14 (device assembly step), device assembly is performed using the wafer processed at step S13. A dicing process, a BONTINGU process, and processes, such as a packaging process (chip enclosure), are included in this step S14 if needed. Finally, in step S15 (inspection step), the check test of the micro device produced at step S14 of operation, an endurance test, etc. are inspected. After passing through such a process, a micro device is completed, and this is shipped.

[0083]

Drawing 9 is drawing showing an example of the detailed flow of step S13 of drawing 8 in the case of a semiconductor device. In drawing 9, the front face of a wafer is oxidized in step S21 (oxidation step). An insulator layer is formed in a wafer front face in step S22 (CVD step). In step S23 (electrode formation step), an electrode is formed by vacuum evaporation on a wafer. Ion is driven into a wafer in step S24 (ion implantation step). Each of the above step S21 - step S24 constitutes the head end process of each phase of wafer processing, and is chosen and performed according to required processing in each phase.

[0084]

In each phase of a wafer process, after an above-mentioned head end process is completed, as it is the following, a tail end process is performed. By down stream processing, a sensitization agent is first applied to a wafer in step S25 (resist formation step) after this. Then, in step S26 (exposure step), the circuit pattern of a mask is imprinted to a wafer by the lithography system (aligner) and the exposure approach which were explained in the top. Next, the wafer exposed in step S27 (development step) is developed, and the exposed member of parts other than the part into which the resist remains is removed by etching in step S28 (etching step). And the resist which etching ended and became unnecessary is removed in step S29 (resist removal step). By carrying out by repeating the head end process and tail end process of these, a circuit pattern is formed on a wafer multiplex.

[0085]

If the micro device manufacture approach of this operation gestalt explained above is used, in an exposure process (step S26), Wafer W will be exposed in the condition of doubling with the image surface of projection optics PL precisely. For this reason, the detailed pattern formed in Reticle R can be precisely imprinted to up to Wafer W, and the device of a high degree of integration which has a pattern detailed as a result can be produced with the sufficient yield.

[Brief Description of the Drawings]

[0086]

[Drawing 1] It is drawing showing the outline configuration of the aligner by the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view showing the outline configuration of the important section of the aligner by the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the cross-section perspective view showing the configuration of the supply recovery plate 40.

[Drawing 4] It is drawing showing the wafer stage with which the aligner by the 3rd operation gestalt of this invention is equipped.

[Drawing 5] It is drawing showing the configuration of the detection electrode prepared in an electrostatic-capacity sensor.

[Drawing 6] It is drawing for explaining the line of electric force of Hazama of the electrostatic-capacity sensor D10 and Wafer W.

[Drawing 7] It is drawing showing signs that Liquid w is held with a metal ring 50.

[Drawing 8] It is the flow chart which shows an example of the production process of a micro device.

[Drawing 9] It is drawing showing an example of the detailed flow of step S13 of drawing 8 in the case of a semiconductor device.

[Description of Notations]

[0087]

25 Main Control System (Detection Equipment)

37 Nitrogen Gas Transfer Unit (Gas Transfer Unit)

38 Nitrogen Gas Recovery Equipment (Gas Recovery Equipment)

40 Supply Recovery Plate (Gas Transfer Unit, Gas Recovery Equipment)

41 Nitrogen Gas Transfer Unit (Gas Transfer Unit)

43 Nitrogen Gas Recovery Equipment (Gas Recovery Equipment)

50 Metal Ring (Metal Member)

D1 Detection electrode (detection equipment)

D2 Detection electrode (detection equipment)

D10 Electrostatic-capacity sensor (detection equipment)

D11 Sensor electrode (detection electrode)

D12 Guard electrodes (auxiliary electrode)

EX Aligner

G1 Liquid supply slot (the 1st slot)

G2 Liquid recovery slot (the 2nd slot)

G3 Nitrogen gas supply slot (the 3rd slot)

G4 Nitrogen gas recovery slot (the 4th slot)

PL Projection optics

W Wafer (substrate)

w Liquid

WC Wafer room (gas transfer unit)

[Translation done.]

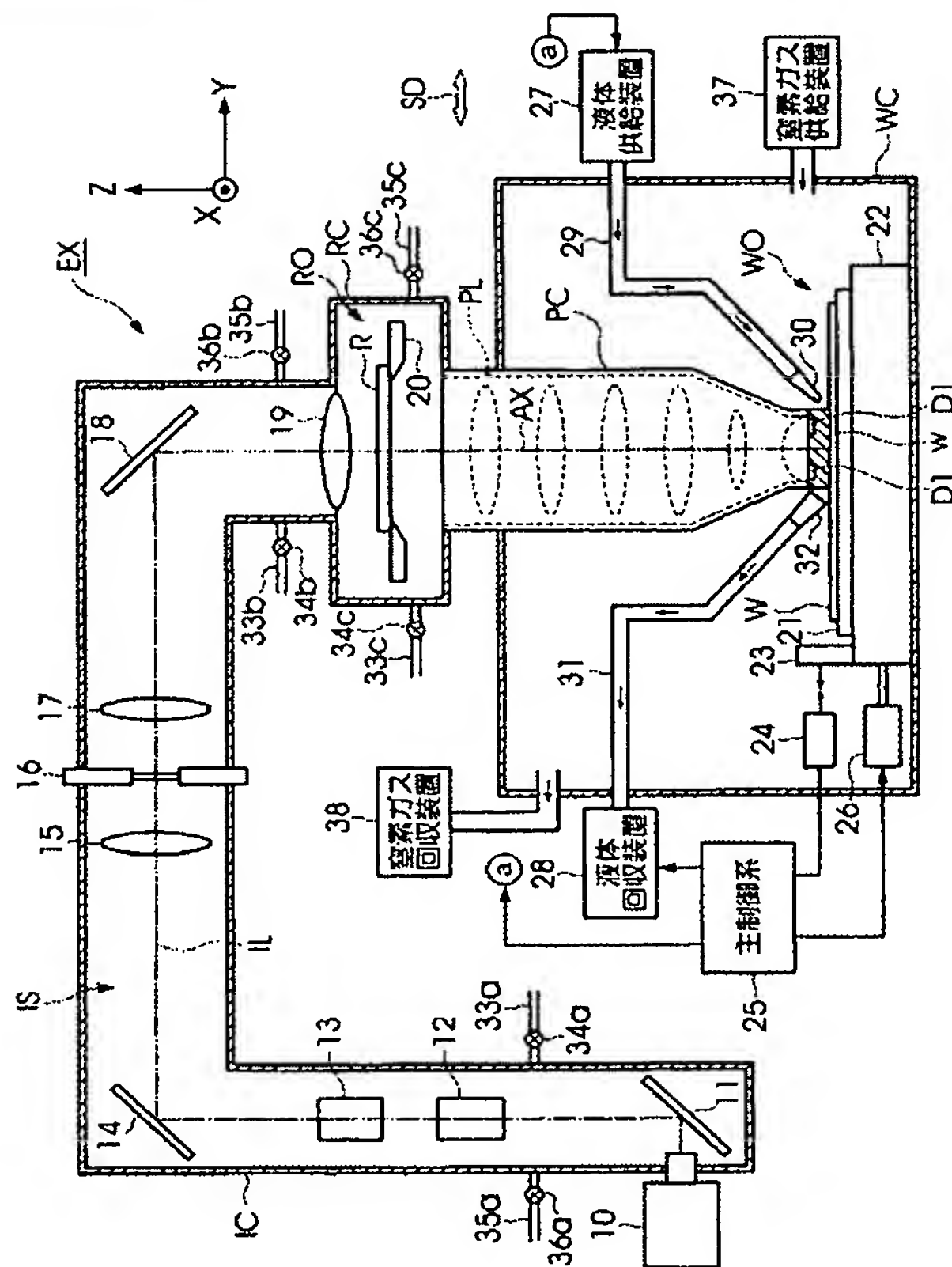
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

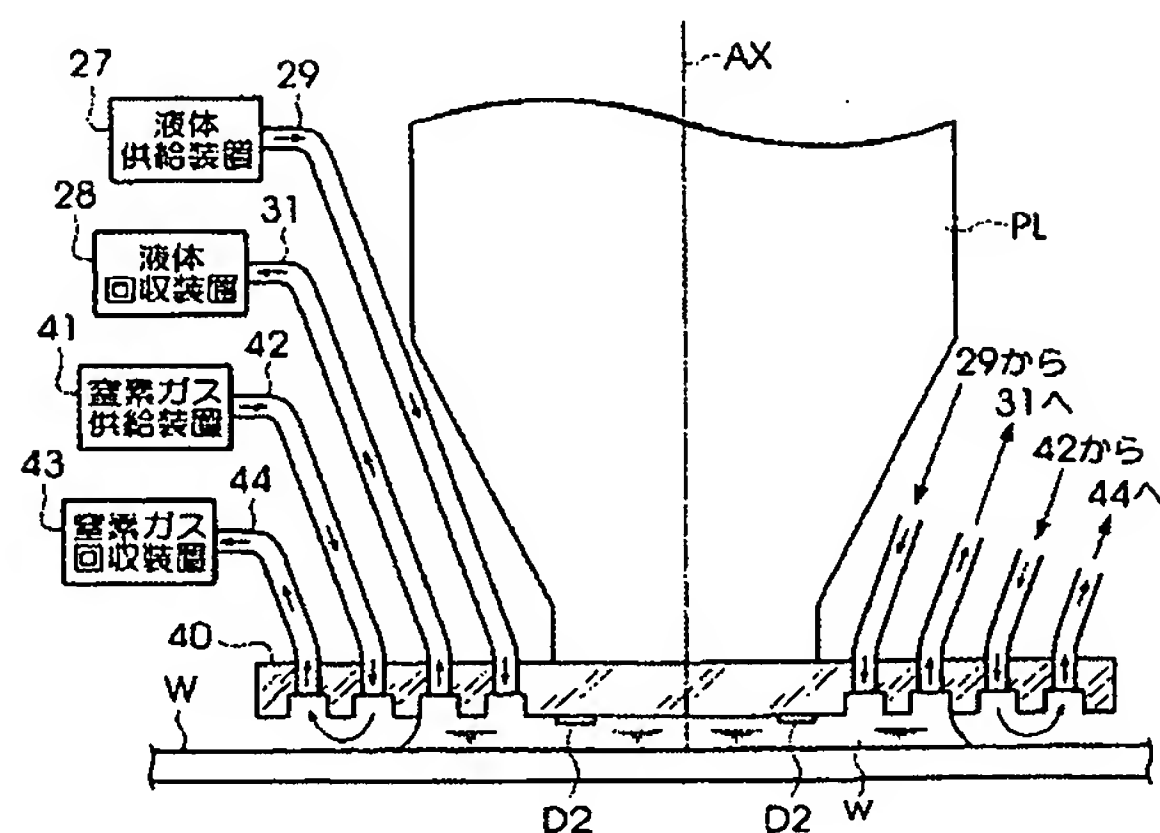
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

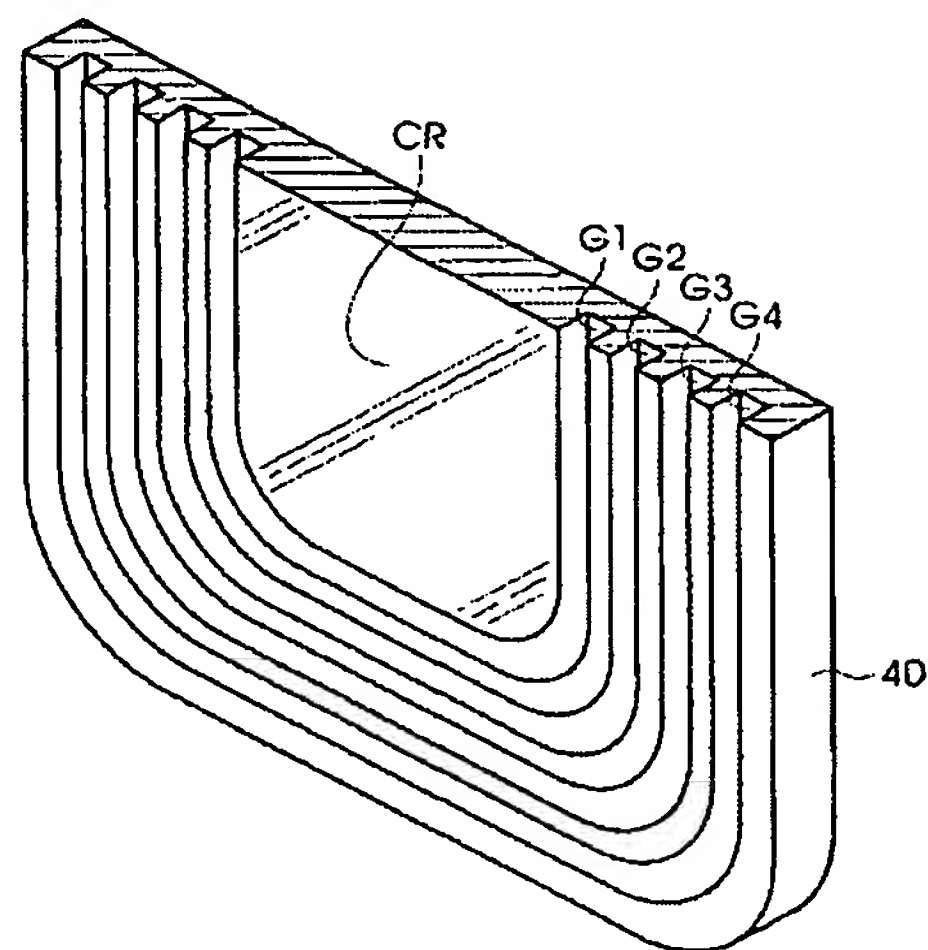
[Drawing 1]



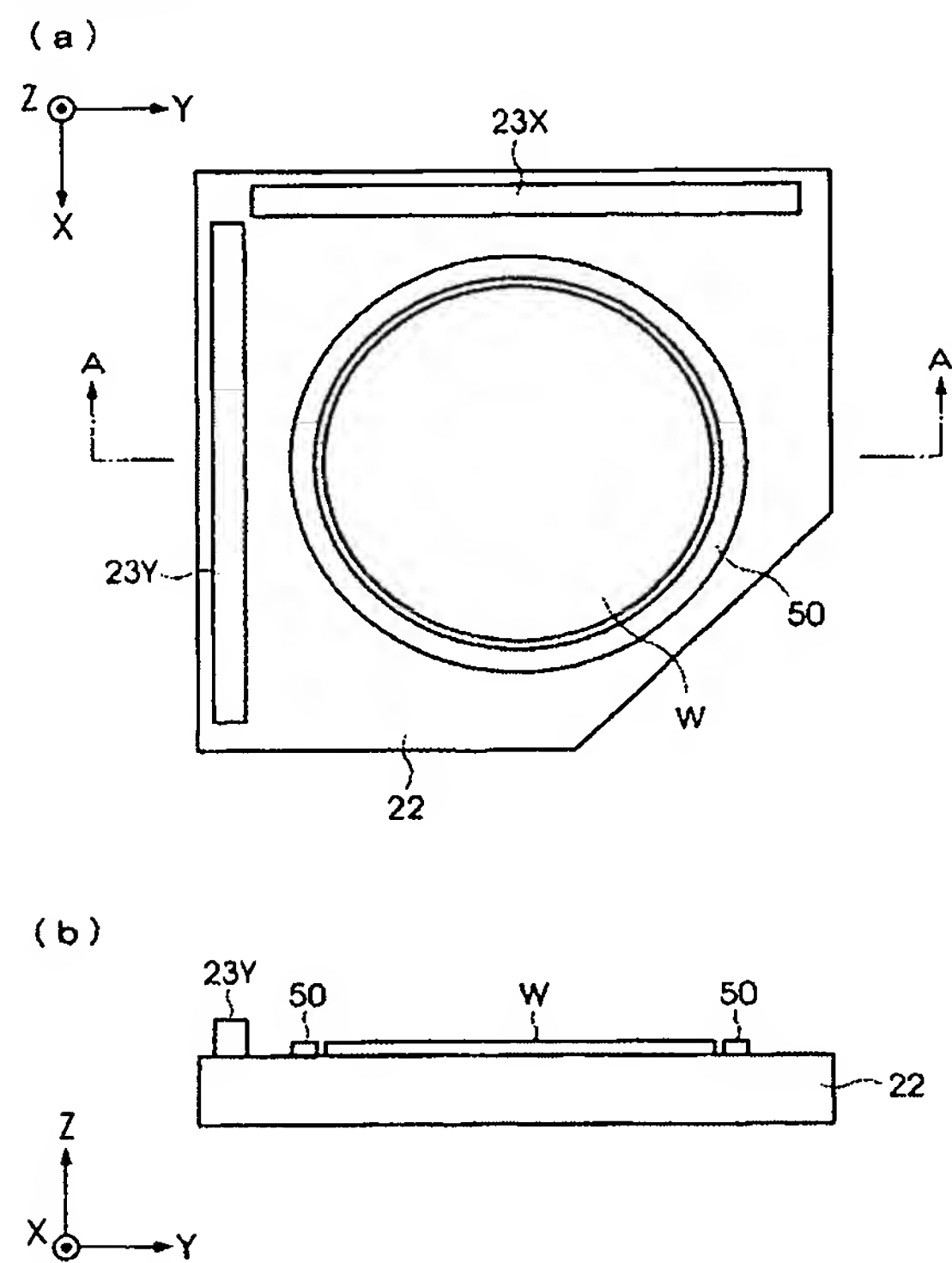
[Drawing 2]



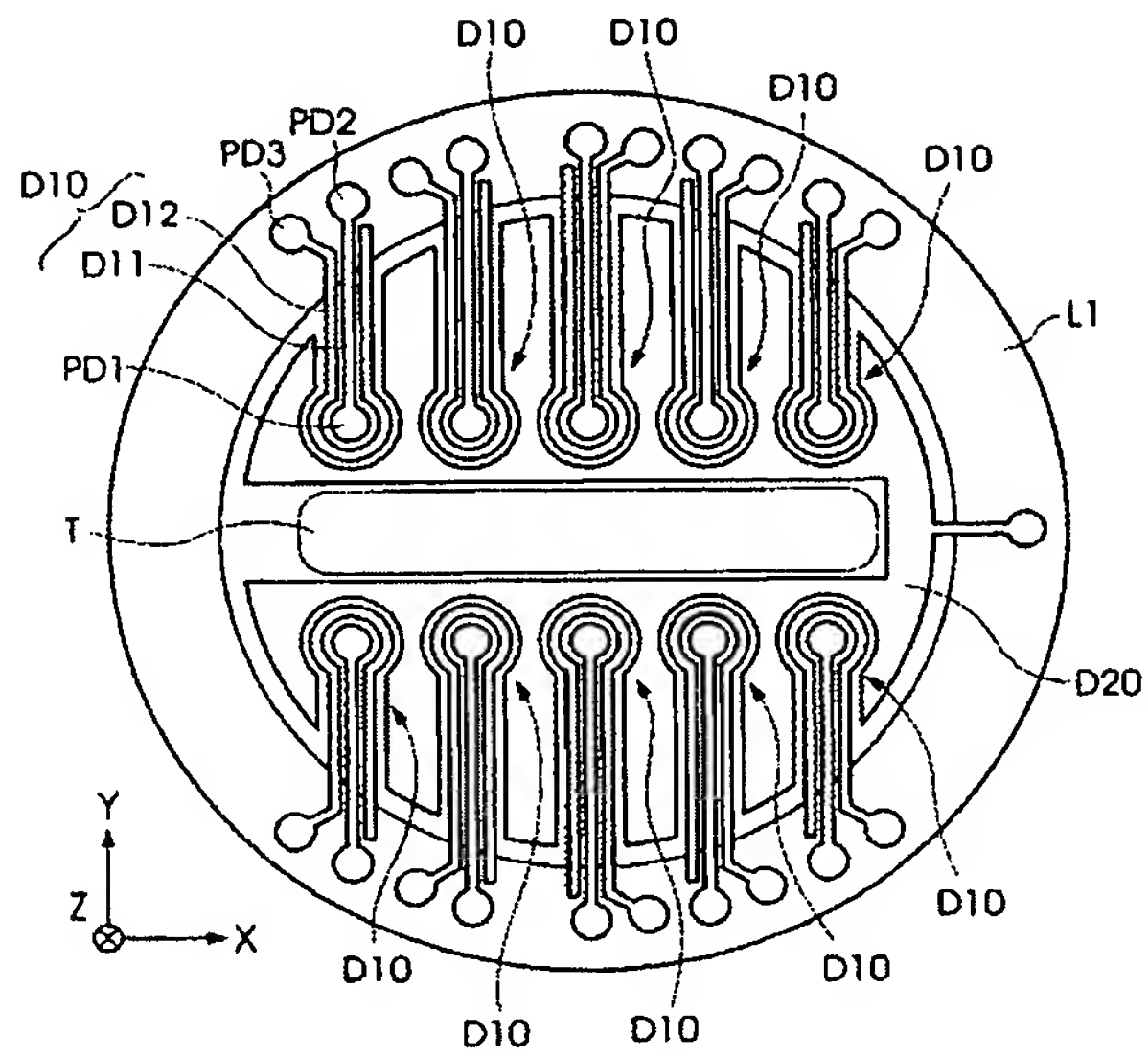
[Drawing 3]



[Drawing 4]

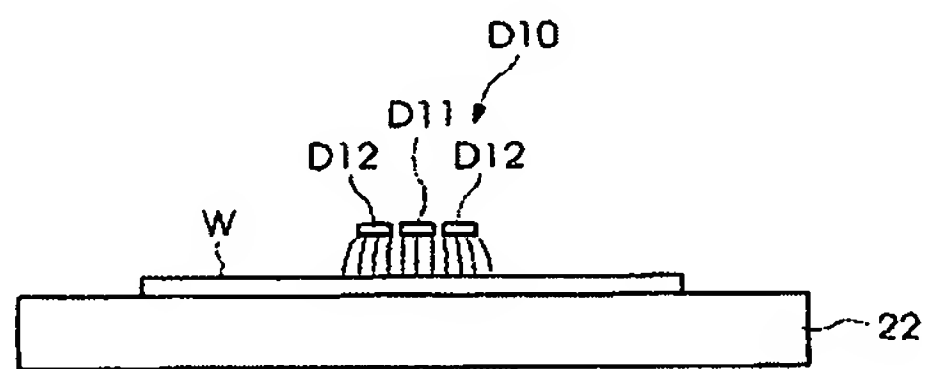


[Drawing 5]

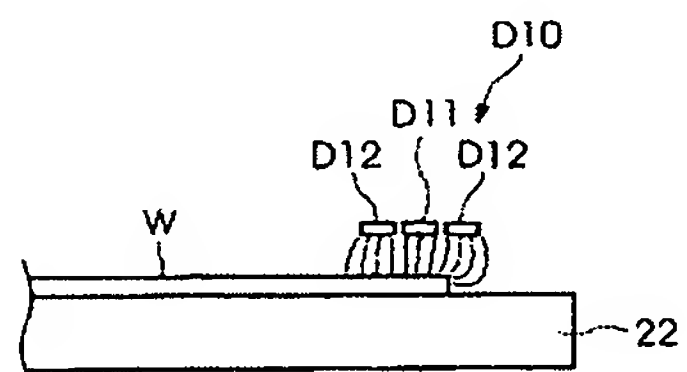


[Drawing 6]

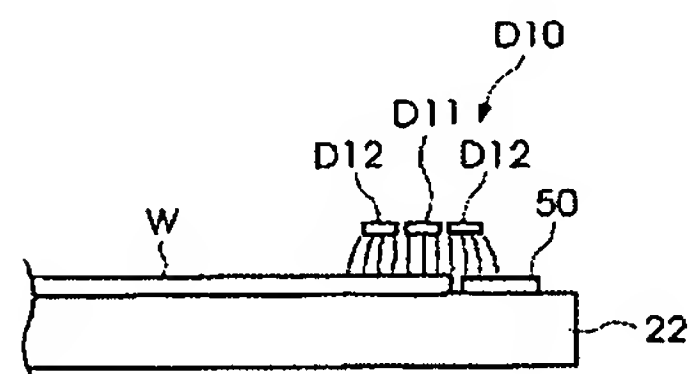
(a)



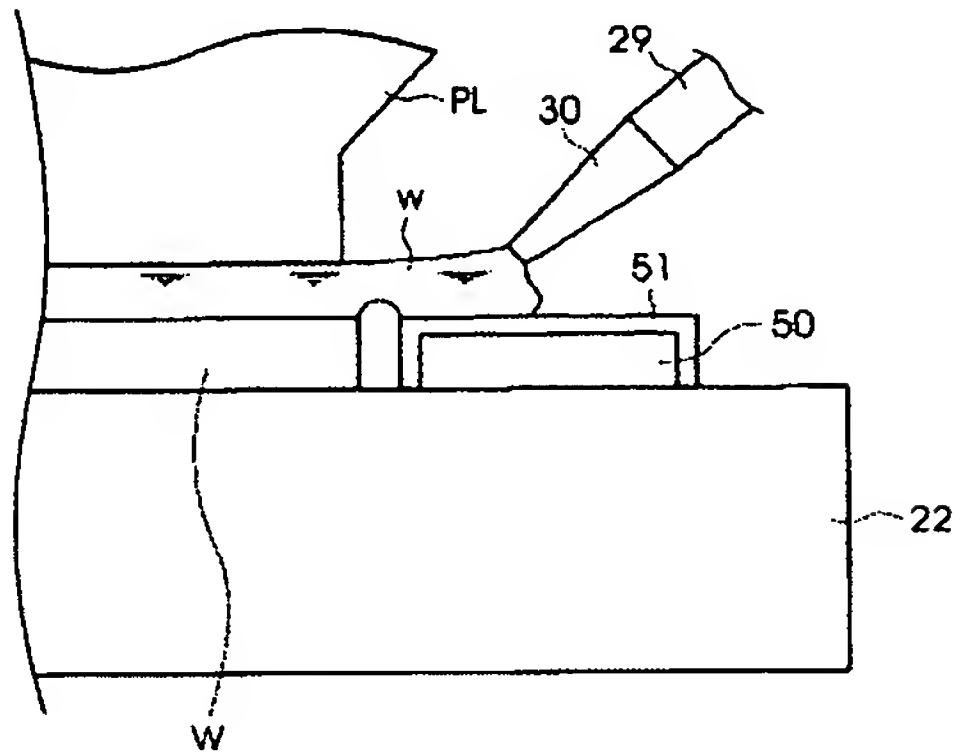
(b)



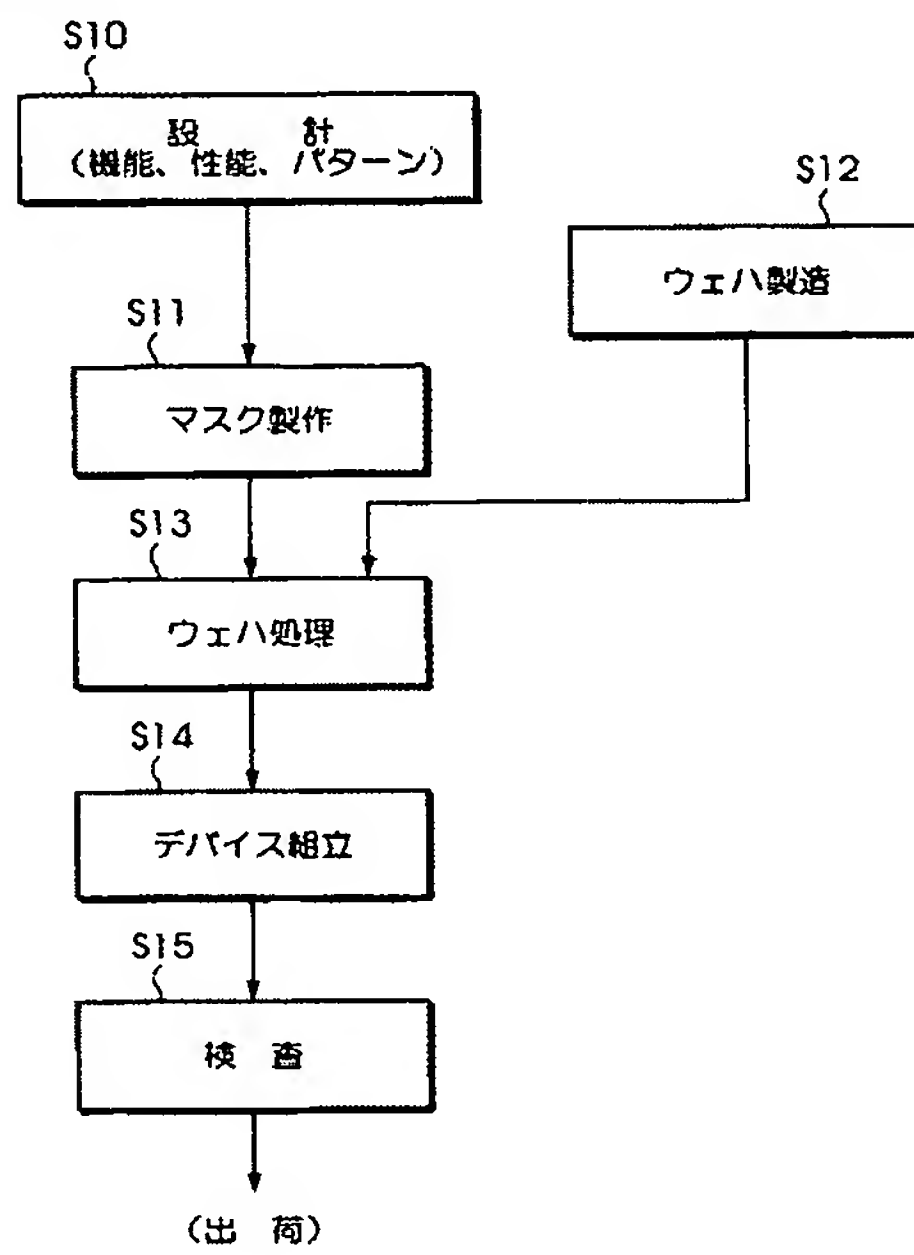
(c)



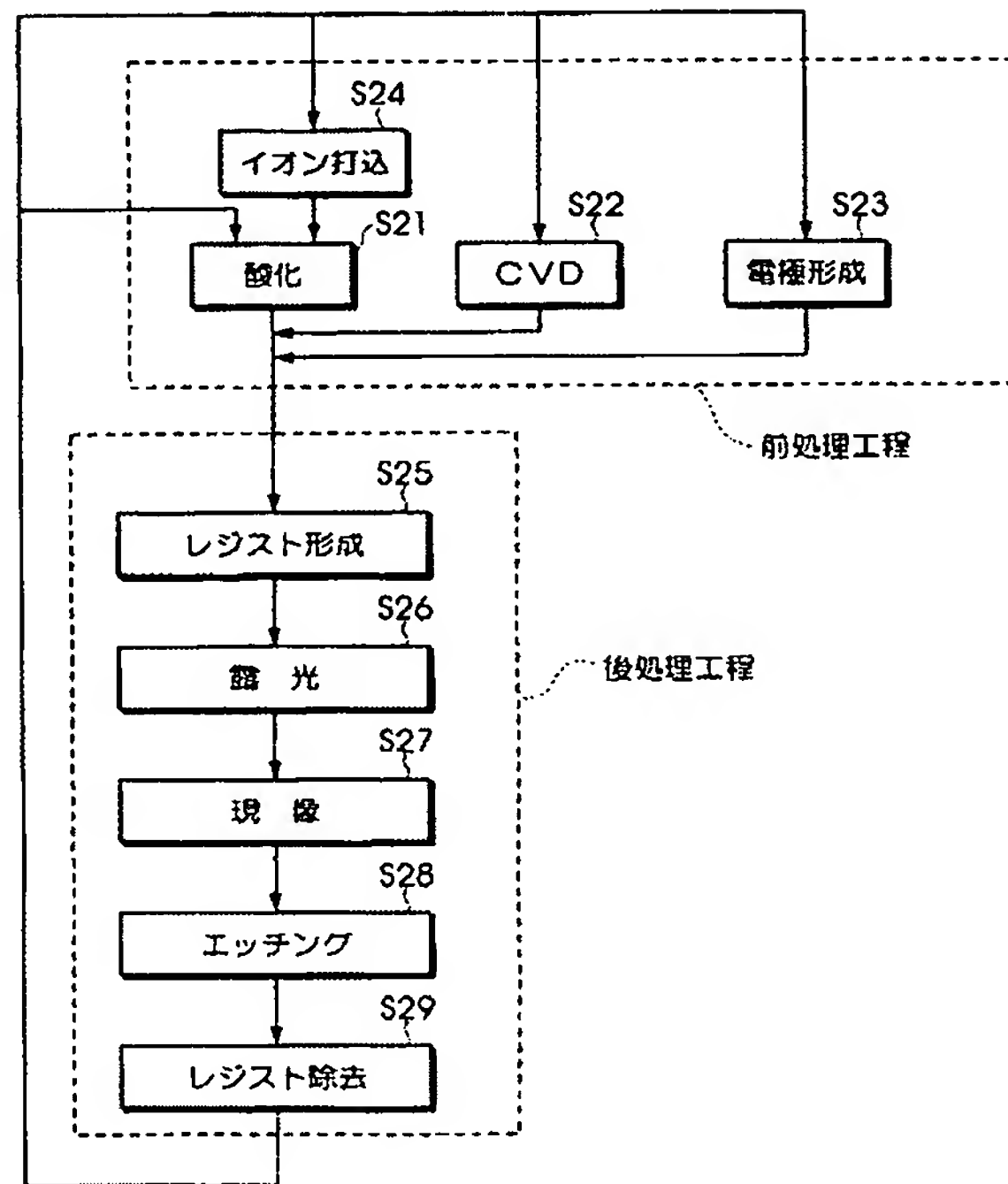
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-183744

(P2005-183744A)

(43) 公開日 平成17年7月7日(2005.7.7)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/027	H 0 1 L 21/30 5 1 5 D	2 F 0 6 3
G 0 1 B 7/00	G 0 1 B 7/00 K	5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	G 0 3 F 7/20 5 2 1	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2003-423906 (P2003-423906)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成15年12月22日 (2003.12.22)		株式会社ニコン
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 昭男
		(74) 代理人	100101465
			弁理士 青山 正和
		(74) 代理人	100107836
			弁理士 西 和哉
		(72) 発明者	中野 勝志
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内

最終頁に続く

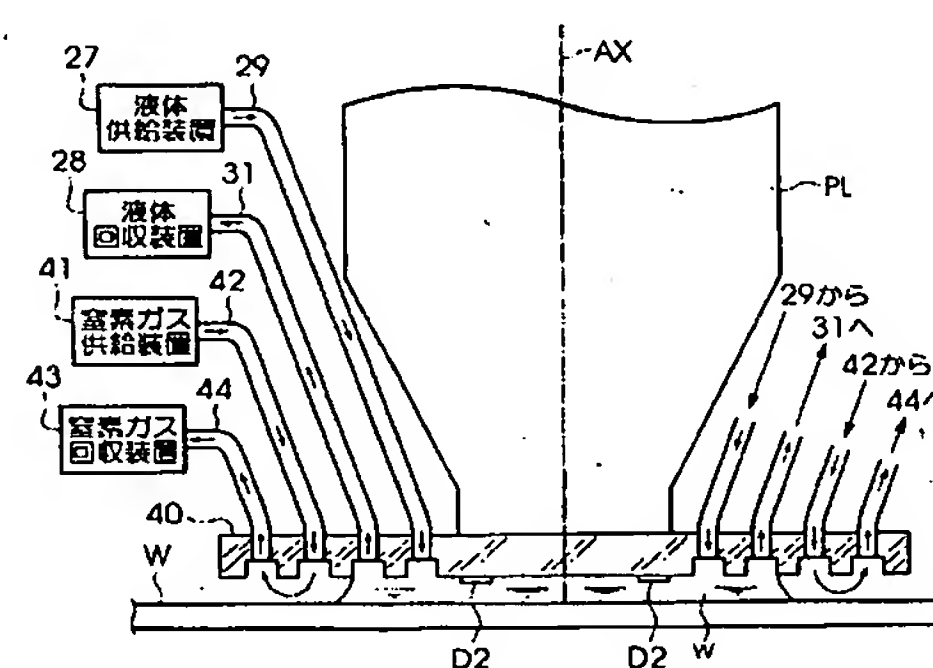
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系と基板との間が液体で満たされていても、投影光学系と基板との間の距離を高い精度で求めることができる検出装置を備える露光装置、及び当該露光装置を用いてデバイスを製造するデバイス製造方法を提供する。

【解決手段】 投影光学系 P L の先端部に設けられた供給回収板 4 0 は、投影光学系 P L とウェハ W との間に液体 w を導くとともに液体 w を液体回収装置 2 8 に導く。また、液体 w の周囲に窒素ガスを導くとともに窒素ガスを窒素ガス回収装置 4 3 に導く。この供給回収板 4 0 のウェハ W に対向する面にはウェハ W との間の静電容量を検出する検出電極 D 2 が設けられている。液体 w の周囲に窒素ガスが供給されることで、二酸化炭素等の気体成分の液体 w への溶解が防止され、検出電極 D 2 とウェハ W との間の静電容量を精確に検出でき、その結果として投影光学系と基板との間の距離を高い精度で求めることができる。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影光学系を介して基板を露光する露光装置において、
前記投影光学系と前記基板との間が液体で満たされている状態で、前記投影光学系と前記基板との間の電気容量を検出して前記投影光学系と前記基板との間の距離を求める検出装置と、

前記投影光学系と前記基板との間を満たしている前記液体の周囲に不活性ガスを供給するガス供給装置と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記液体が満たされる空間を少なくとも含む空間を密閉するチャンバを備え、
前記ガス供給装置は、前記チャンバ内に前記不活性ガスを供給することにより、前記液体の周囲に前記不活性ガスを供給することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記ガス供給装置によって前記チャンバ内に供給された不活性ガスを回収するガス回収装置を備えることを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記ガス供給装置は、前記不活性ガスを前記液体の周囲に局所的に供給することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記ガス供給装置によって前記液体の周囲に局所的に供給された不活性ガスを回収するガス回収装置を備えることを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記投影光学系の先端部に取り付けられており、
液体供給回収装置からの液体を前記投影光学系と前記基板との間に導く第 1 溝と、
前記投影光学系と前記基板との間を満たしている前記液体を前記液体供給回収装置に導く第 2 溝と、

前記ガス供給装置からの不活性ガスを前記液体の周囲に局所的に導く第 3 溝と、
前記液体の周囲に局所的に供給された不活性ガスを前記ガス回収装置に導く第 4 溝と
が形成されてなる供給回収部材を備えることを特徴とする請求項 5 記載の露光装置。

【請求項 7】

前記第 3 溝は、前記第 1 溝及び第 2 溝を取り囲むように形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の露光装置。

【請求項 8】

前記第 4 溝は、前記第 3 溝を取り囲むように形成されていることを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

【請求項 9】

前記供給回収部材の先端部に、前記投影光学系と前記基板との間の電気容量を検出する検出電極を備えることを特徴とする請求項 6 から請求項 8 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 10】

投影光学系を介して基板を露光する露光装置において、
前記投影光学系の像面側に局所的に液体を満たした状態で、前記投影光学系の先端部に取り付けられた検出電極と前記基板との間の電気容量を検出して前記投影光学系と前記基板との間の距離を求める検出装置と、

前記基板の周囲に設けられ、表面位置が前記基板の表面位置とほぼ同一に設定された金属部材と
を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

前記投影光学系の先端部に取り付けられ、前記検出電極の周囲を取り囲み、前記検出電

10

20

30

40

50

極に印加される電気信号と同一の電気信号が印加される補助電極を備えることを特徴とする請求項10記載の露光装置。

【請求項12】

前記金属部材は、セラミックス製の基材に金属メッキを施してなる部材であることを特徴とする請求項10又は請求項11記載の露光装置。

【請求項13】

前記金属部材は、その表面が絶縁物で被覆されていることを特徴とする請求項10又は請求項11記載の露光装置。

【請求項14】

前記金属部材は、その表面に撥水性及び撥油性の少なくとも一方を有する被覆が形成されていることを特徴とする請求項10又は請求項11記載の露光装置。

10

【請求項15】

前記投影光学系と前記基板との間に前記液体を供給するとともに、供給した前記液体を回収する液体供給回収装置を備えることを特徴とする請求項1から請求項14の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項16】

請求項1から請求項15の何れか一項に記載の露光装置を用いて基板に対して露光処理を行う露光工程と、

前記露光工程を経た基板の現像を行う現像工程と
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系を介して基板を露光し、基板上にパターンを転写する露光装置及び当該露光装置を用いたデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子、液晶表示素子、撮像装置（CCD（charge Coupled Device）等）、薄膜磁気ヘッド等のデバイスは、マスクに形成されたパターンを基板（レジストが塗布された半導体ウェハ又はガラスプレート等）上に転写する、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用する露光装置は、マスクを支持するマスクステージと、基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写する装置である。

30

【0003】

露光装置を用いてマスクのパターンを基板上に忠実に転写するには、基板の表面を投影光学系の像面に合わせ込んだ状態で基板を露光する必要がある。このため、露光装置は、基板の表面に対して斜め方向から検出光を照射し、基板の表面で反射された検出光の受光位置に応じて投影光学系と基板との間の距離を調整し、自動的に基板の表面を投影光学系の像面に合わせ込むオートフォーカス機構を備えている。尚、かかる斜入射式のオートフォーカス機構を備えた露光装置の詳細については、例えば以下の特許文献1を参照されたい。

40

【0004】

また、近年においては、デバイスに形成するパターンのより一層の高集積化に対応するために、投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は使用する露光光の波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。このため、露光装置で使用する露光光の波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。現在主流の露光装置は、光源としてKrFエキシマレーザ（波長248nm）を備えているが、更に短波長のArFエキシマレーザ（波長193nm）を備える露光装置も実用化されつつある。

【0005】

50

また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度（D O F）も重要となる。解像度 R 及び焦点深度 δ は、それぞれ以下の（１）式及び（２）式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots\dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots\dots (2)$$

ここで、 λ は露光光の波長、NA は投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。

【０００６】

上記（１）式及び（２）式から、解像度 R を高めるために露光光の波長 λ を短波長化して開口数 NA を大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。焦点深度 δ が狭くなりすぎると、投影光学系の像面に対して基板の表面を合致させることが困難になり、露光動作時のマージンが不足する虞がある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば以下の特許文献 2 に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板の表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ （ n は液体の屈折率で、通常 1.2 ～ 1.6 程度）になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【特許文献 1】国際公開第 WO 00/30163 号パンフレット

【特許文献 2】国際公開第 WO 99/49504 号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ところで、上述した液浸法を用いた露光装置においてオートフォーカス機構を実現するためには、検出光を投影光学系の下面と基板の表面との間の液体を介して基板の表面に対して斜め方向から照射し、且つ基板の表面で反射した検出光を液体から射出させる必要がある。このため、投影光学系の下面の側方に検出光を液体内に導くとともに、基板の表面で反射した検出光を液体外に導く光学ウィンドウを設ける必要がある。

【０００８】

しかしながら、光学ウィンドウを設けると投影光学系の下面に設ける構造物が大型化してしまうという問題がある。また、光学ウィンドウは投影光学系の下面と基板の表面との間の液体に接した状態にあるため、液体の流れによって光学ウィンドウが振動すると、基板の表面に対する検出光の照射位置、又は基板で反射された検出光の射出方向が変化するため、基板の表面位置が誤って検出される虞がある。更に、液体の圧力又は温度の揺らぎによって液体の屈折率が変化し、これによっても基板の表面に対する検出光の照射位置及び基板の表面で反射された検出光の射出方向が変化する虞がある。

【０００９】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、投影光学系と基板との間が液体で満たされていても、投影光学系と基板との間の距離を高い精度で求めることができる検出装置を備える露光装置、及び当該露光装置を用いてデバイスを製造するデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の観点による露光装置は、投影光学系（P L）を介して基板（W）を露光する露光装置（E X）において、前記投影光学系と前記基板との間が液体（w）で満たされている状態で、前記投影光学系と前記基板との間の電気容量を検出して前記投影光学系と前記基板との間の距離を求める検出装置（25、D1、D2）と、前記投影光学系と前記基板との間を満たしている前記液体の周囲に不活性ガスを供給するガス供給装置（37、40、41、W C）とを備えることを特徴としている。

この発明によると、投影光学系と基板との間を満たす液体の周囲に不活性ガスが供給された状態で、液体を介して投影光学系と基板との間の電気容量が検出されて投影光学系と基板との間の距離が求められる。

10

20

30

40

50

上記課題を解決するために、本発明の第2の観点による露光装置は、投影光学系（P L）を介して基板（W）を露光する露光装置（E X）において、前記投影光学系の像面側に局所的に液体（w）を満たした状態で、前記投影光学系の先端部に取り付けられた検出電極（D 1 1）と前記基板との間の電気容量を検出して前記投影光学系と前記基板との間の距離を求める検出装置（2 5、D 1 0）と、前記基板の周囲に設けられ、表面位置が前記基板の表面位置とほぼ同一に設定された金属部材（5 0）とを備えることを特徴としている。

この発明によると、投影光学系の先端部に取り付けられた検出電極が基板の端部付近に位置している場合に、検出電極からの電気力線は基板と表面位置が基板の表面位置とほぼ同一に設定された金属部材とにほぼ垂直に入射している状態で液体を介して投影光学系と基板との電気容量が検出されて投影光学系と基板との間の距離が求められる。

10

本発明のデバイス製造方法は、上記の何れかに記載の露光装置を用いて基板に対して露光処理を行う露光工程（S 2 6）と、前記露光工程を経た基板の現像を行う現像工程（S 2 7）とを含むことを特徴としている。

この発明によると、上記の露光装置に設けられる検出装置の検出結果に基づいて基板の表面が投影光学系の像面に合わせ込まれた状態で基板が露光されて現像される。

【発明の効果】

【0 0 1 1】

本発明によれば、投影光学系と基板との間を満たす液体の周囲に不活性ガスを供給することで、二酸化炭素等の液体の電気伝導率又は誘電率を変化させる気体が液体に溶解しない状態にしているため、液体を介した投影光学系と基板との間の電気容量を精度良く検出することができ、この結果として投影光学系と基板との間が液体で満たされていても、投影光学系と基板との間の距離を高い精度で求めることができるという効果がある。

20

また、本発明によれば、投影光学系の先端部に取り付けられた検出電極が基板の端部付近に位置していても、検出電極からの電気力線は基板の縁に集中して電気力線が乱されることがなく、電気力線が基板及び金属部材にほぼ垂直に入射している状態にすることができるため、液体を介した投影光学系と基板との間の電気容量を精度良く検出することができ、その結果として投影光学系と基板との間が液体で満たされていても、投影光学系と基板との間の距離を高い精度で求めることができるという効果がある。

また、本発明によれば、液体を介した投影光学系と基板との間の距離が高い精度で求められ、基板の表面が投影光学系の像面に精確に合わせ込まれた状態で露光処理が行われるため、微細なパターンを基板上に忠実に転写することができるという効果がある。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 1 2】

以下、図面を参照して本発明の実施形態による露光装置及びデバイス製造方法について詳細に説明する。

【0 0 1 3】

〔第1実施形態〕

図1は、本発明の第1実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。尚、図1においては、露光装置E Xの一部を切り欠いて図示している。図1に示す露光装置E Xは、投影光学系P LとウェハWとの間に液体wを供給しつつ露光を行う液浸式の露光装置であって、図1中の投影光学系P Lに対してマスクとしてのレチクルRと基板としてのウェハWとを相対的に移動させつつ、レチクルRに形成されたパターンをウェハWに逐次転写して半導体素子を製造するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置である。

40

【0 0 1 4】

尚、以下の説明においては、図中に示したX Y Z直交座標系を設定し、このX Y Z直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。X Y Z直交座標系は、X軸及びY軸がウェハWに対して平行となるよう設定され、Z軸がウェハWに対して直交する方向に設定されている。図中のX Y Z座標系は、実際にはX Y平面が水平面に平行な面に設定され、Z軸が鉛直上方向に設定される。また、本実施形態ではレチクルR及びウェハWを

50

移動させる方向（走査方向 S D）を Y 方向に設定している。

【0015】

図 1 に示した露光装置 E X は、照明光学系 I S、レチクル操作部 R O、投影光学系 P L、及びウェハ操作部 W O に大別されており、照明光学系 I S、レチクル操作部 R O、及び投影光学系 P L は、箱状の照明系チャンバ I C、レチクル室 R C、及び鏡筒 P C の内部に外気から隔離されて密閉度が高められた状態でそれぞれ収納されている。また、ウェハ操作部 W O 及び鏡筒 P C の下方部はウェハ室 W C の内部に外気から隔離されて密閉度が高められた状態で収納されている。尚、図示は省略しているが、本実施形態の露光装置 E X は、内部の気体の温度が所定の目標範囲内に制御された一つの大きなチャンバ内部に収納されている。

10

【0016】

照明系チャンバ I C の下部には露光光源 1 0 が取り付けられている。この露光光源 1 0 は、例えば真空紫外域の波長 193 nm のパルスレーザー光を発生する A r F エキシマレーザーである。露光光源 1 0 から照明系チャンバ I C 内に射出された露光光 I L（エネルギービーム）は、ミラー 1 1 で + Z 方向に偏向され、振動等による光軸ずれをあわせるための不図示の自動追尾部、及び照明系の断面形状の整形と光量制御とを行うビーム整形光学系 1 2 を介してオプティカル・インテグレータ（ホモジナイザー）としてのフライアイレンズ（又はロッドレンズ）1 3 に入射する。

【0017】

フライアイレンズ 1 3 の射出面、即ち照明光学系 I S の瞳面（投影光学系 P L の瞳面と光学的に共役な面）には開口絞り板（不図示）が駆動モータ（不図示）によって回転自在に配置されている。開口絞り板は回転軸の周りで回転自在に構成された円板からなり、通常照明用の円形の開口絞り、輪帯照明用の開口絞り、4 極変形照明（4 極照明）用の開口絞り、及び小さいコヒーレンスファクタ（ σ 値）用の小円形の開口絞り等の複数の開口絞りが周方向に沿って形成されている。開口絞り板の回転軸は駆動モータの回転軸に接続されており、駆動モータを駆動して開口絞り板を回転軸の周りで回転させることにより、フライアイレンズ 1 3 の射出面に配置する開口絞りを切り替えることができる。駆動モータの駆動は露光装置 E X の全体の動作を統括制御する主制御系 2 5 が制御する。

20

【0018】

フライアイレンズ 1 3 から射出されて開口絞り板に形成された開口絞りの何れか 1 つを通過した露光光 I L は、ミラー 1 4 によって + Y 方向に偏向されて、リレーレンズ 1 5 を介して視野絞り（レチクルブラインド）1 6 に達する。この視野絞りは、レチクル R のパターンが形成されている面（以下、レチクル面という）にて細長い長方形の照明領域の形状を規定する固定照明視野絞り（固定ブラインド）と、走査露光の開始時及び終了時に不要な部分への露光を防止するために移動可能に構成された可動照明視野絞り（可動ブラインド）からなる。固定照明視野絞りは走査方向 S D における積算光量むらを防止するためにレチクル面に対する共役面から僅かにずれた面上に配置されており、可動照明視野絞りはレチクル面に対する共役面に配置される。

30

【0019】

視野絞り 1 6 を通過した露光光 I L は、リレーレンズ 1 7、ミラー 1 8、及び照明系チャンバ I C の先端部に固定されたコンデンサレンズ系 1 9 を順に介してレチクル R のレチクル面に設定された長方形（スリット状）の照明領域を均一な照度分布で照明する。露光光源 1 0 からコンデンサレンズ系 1 9 までの構成によって照明光学系 I S が構成され、照明光学系 I S 内の露光光 I L の光路、即ち露光光源 1 0 からコンデンサレンズ系 1 9 までの光路が照明系チャンバ I C によって密閉されている。

40

【0020】

照明光学系 I S からの露光光 I L のもとで、レチクル R の照明領域内のパターンの像が両側テレセントリックな投影光学系 P L を介して所定の投影倍率 β （ β は例えば $1/4$ 又は $1/5$ 等）で、投影光学系 P L の像面に配置された基板としてのウェハ W 上のスリット状の露光領域（投影領域）に投影される。ウェハ W は例えば半導体（シリコン等）又は S

50

O I (silicon on insulator) 等の円板状の基板である。

【0021】

投影光学系 P L は、レンズ等の複数の光学素子を含んで構成される。本実施形態では、露光光 I L として真空紫外域の A r F エキシマレーザ光の光を用いている。このため、投影光学系 P L を構成する光学素子の硝材としては、例えば合成石英又は蛍石（フッ化カルシウム： CaF_2 ）が用いられる。投影光学系 P L が備える光学素子の一部は、投影光学系 P L の光軸 A X 方向（Z 方向）に移動可能且つ X 軸に平行な軸又は Y 軸に平行な軸の周りでチルト可能に構成されており、これらの光学素子は不図示のレンズ制御系によって制御される。投影光学系 P L の内部は光学素子で仕切られており、これにより複数の空間が形成されている。尚、本実施形態の投影光学系 P L は、ジオプトリック系（屈折系）であるが、カタジオプトリック系（反射屈折系）や反射系も使用できることはいうまでもない。

10

【0022】

レチクル操作部 R O において、レチクル R はレチクルステージ 2 0 上に保持されている。レチクルステージ 2 0 は不図示のレチクルベース上で後述のウェハステージと同期して Y 方向にレチクル R を連続移動するとともに、同期誤差を低減させるように X 方向、Y 方向、及び Z 軸の周りにレチクル R を微小駆動する。レチクルステージ 2 0 の位置及び回転角は不図示のレーザ干渉計によって高精度に計測され、この計測値及び装置全体の動作を統括制御するコンピュータよりなる主制御系 2 5 からの制御情報に基づいてレチクルステージ 2 0 が駆動される。

20

【0023】

レチクルステージ 2 0、不図示のレチクルベース、及び不図示のレチクルローダ等からレチクル操作部 R O が構成され、レチクル操作部 R O 内の露光光 I L の光路、即ちコンデンサレンズ系 1 9 から投影光学系 P L までの光路がレチクル室 R C によって密閉されている。また、投影光学系 P L において、レンズ等の複数の光学素子が鏡筒 P C 内に密閉されて収納されている。投影光学系 P L のレチクル R 側の光学部材からウェハ側の光学部材までの光路が鏡筒 P C 内に密閉されている。

【0024】

ウェハ操作部 W O において、ウェハ W はウェハホルダ 2 1 上の載置面に吸着保持され、ウェハホルダ 2 1 はウェハステージ 2 2 上に固定されている。尚、ウェハ W がウェハホルダ 2 1 上に保持されている状態においては、ウェハ W はその電位が接地電位と等しくなるようにアースされる。投影光学系 P L（投影光学系 P L に含まれる光学素子のうちの最も像面側に位置する光学素子）とウェハ W との間の空間の少なくとも一部には、後述する液体供給装置 2 7 から液体 w が供給され、投影光学系 P L とウェハ W との間の空間に供給された液体 w は後述する液体回収装置 2 8 により回収される。

30

【0025】

尚、投影光学系 P L に含まれる光学素子のうちの最も像面側に位置する光学素子とウェハ W との間は 0.1 mm ～ 数 mm 程度の間隔である。この液体 w は、例えば純水である。液体 w として純水を用いる理由は、気体（空気又は窒素ガス）よりも屈折率が高く投影光学系 P L の開口数を向上させることができるとともに、A r F エキシマレーザ光に対する吸収が少ないからである。

40

【0026】

ウェハステージ 2 2 は不図示のウェハベース上で前述したレチクルステージ 2 0 と同期して Y 方向にウェハ W を連続移動するとともに、X 方向及び Y 方向にウェハ W をステップ移動する。また、ウェハ W を Z 方向に移動させ、ウェハ W の姿勢（X 軸、Y 軸、Z 軸周りの回転）を変化させる。ウェハステージ 2 2 の上面の一端には移動鏡 2 3 が取り付けられており、この移動鏡 2 3 に向けてレーザ光を射出するレーザ干渉計 2 4 が設けられている。ウェハステージ 2 2 の X 方向、Y 方向の位置、及び X 軸の回りの回転角（ピッチング量）、Y 軸の回りの回転角（ローリング量）、Z 軸の回りの回転角（ヨーイング量）はレーザ干渉計 2 4 によって高精度に計測されており、このレーザ干渉計 2 4 の計測値及び主制

50

御系 25 からの制御情報に基づいてステージ駆動系 26 を介してウェハステージ 22 が駆動される。

【0027】

また、本実施形態の露光装置 EX は、投影光学系 PL とウェハ W との間の電気容量を検出する静電容量センサを備えている。この静電容量センサは、投影光学系 PL に含まれる光学素子のうちの最も像面側に位置する光学素子のウェハ W 側に向く面に取り付けられた検出電極 D1 を含んで構成される。主制御系 25 が検出電極 D1 に所定の周波数を有する交流電圧を印加し、電流（変位電流）が一定となるように印加する電圧を制御することで、検出電極 D1 と接地電位にあるウェハ W との間の電気容量を求め、この電気容量から投影光学系 PL とウェハ W との間の距離を求める。そして、この距離に基づいてステージ駆動系 26 を介してウェハステージ 22 を Z 方向に移動させて、ウェハ W の表面を投影光学系 PL の像面に合わせ込む制御を行う。かかる構成により、オートフォーカス機構が実現されている。

10

【0028】

尚、ウェハステージ 22 に取り付けられ、レーザ干渉計 24 からのレーザ光を反射する移動鏡 23 は、別々の角柱状のミラーからなる構成、一体型の L 字型のミラーからなる構成、ウェハステージ 22 の側面を鏡面加工してミラーとして用いる構成等、様々の構成が適用されうる。また、ウェハホルダ 21、ウェハステージ 22、及び不図示のウェハベース等によりウェハ操作部 WO が構成され、ウェハ操作部 WO の側方に搬送系としてのウェハローダ等（不図示）が配置されている。

20

【0029】

また、図 1 に示す例では、ウェハ操作部 WO を構成するウェハホルダ 21 及びウェハステージ 22、移動鏡 23、レーザ干渉計 24、ステージ駆動系 26、液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 から伸びる配管、並びに鏡筒 PC の下方部がウェハ室 WC によって密閉されている。尚、図 1 においては図示を簡略化しているが、ウェハステージ 22 の移動に伴う振動、及び液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 から伸びる配管中を液体が流れることにより生ずる振動がウェハ室 WC に伝わらないよう防振機構が設けられている。更に、ウェハ室 WC には、内部の気密性を保った状態でウェハ W の搬入及び搬出を行うためのロードロック室（不図示）が設けられている。また、図 1 においては、液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 をウェハ室 WC の外側に設けているが、配管長を短くするためにウェハ室 WC 内に設けても良い。

30

【0030】

液体供給装置 27 は、投影光学系 PL とウェハ W との間の少なくとも一部を液体 w で満たすためのものであって、液体 w を収容するタンク、加圧ポンプ等を備えて構成される。この液体供給装置 27 には供給管 29 の一端部が接続されており、供給管 29 の他端部には供給ノズル 30 が接続されている。これら供給管 29 及び供給ノズル 30 を介して投影光学系 PL とウェハ W との間の空間に液体 w が供給される。

【0031】

液体回収装置 28 は、吸引ポンプ、回収した液体 w を収容するタンク等を備える。液体回収装置 28 には回収管 31 の一端部が接続され、回収管 31 の他端部には回収ノズル 32 が接続されている。投影光学系 PL とウェハ W との間の空間に供給された液体 w は、回収ノズル 32 及び回収管 31 を介して液体回収装置 28 に回収される。これら液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 は、主制御系 25 により制御される。

40

【0032】

つまり、投影光学系 PL とウェハ W との間の空間に液体 w を供給する際に、主制御系 25 は液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 のそれぞれ対して制御信号を出力して、単位時間当たりの液体 w の供給量及び回収量を制御する。かかる制御により、液体 w は投影光学系 PL とウェハ W との間に必要十分な量だけ供給される。尚、図 1 に示す例では、投影光学系 PL とウェハ W との間の液体 w をウェハステージ 22 の上方で回収しているが、ウェハ W の上面の周囲に回収部を設けてもよいし、それらを併用してもよい。

50

【0033】

本実施形態の露光装置EXは、露光光ILの光路に沿った空間、即ち照明系チャンバIC、レチクル室RC、及び鏡筒PCの各内部が、真空紫外域のビームに対してエネルギー吸収の少ない透過性ガスとしての窒素ガスで満たされ、その気圧が大気圧と同程度若しくはより高く（例えば、大気圧に対して0.001～10%の範囲内で高く）設定される。照明系チャンバICには給気管33a、33bが、レチクル室RCには給気管33cが、鏡筒PCには不図示の給気管がそれぞれ接続されている。尚、鏡筒PCに接続される不図示の給気管は投影光学系PLに設けられる光学素子で仕切られる空間の数だけ更に分岐した構成になっている。

【0034】

給気管33a～33cの各々には、例えば流量可変バルブからなる流量調整機構34a～34cが設けられており、投影光学系PLに接続される不図示の給気管の分岐した各々の流路には流量可変バルブからなる流量調整機構（不図示）がそれぞれ設けられている。これらの流量調整機構34a～34c等は、照明チャンバIC、レチクル室RC、及び鏡筒PC内の光学素子で仕切られる各々の空間の気圧を調整するために設けられ、主制御系25により各々の流量が制御される。

【0035】

また、照明系チャンバICには回収管35a、35bが、レチクル室RCには回収管35cが、鏡筒PCには不図示の回収管がそれぞれ接続されている。尚、鏡筒PCに接続される不図示の回収管は鏡筒PCに接続される不図示の給気管と同様に、投影光学系PLに設けられる光学素子で仕切られる空間の数だけ分岐した構成になっている。回収管35a～35cの各々には、開閉機構36a～36cが設けられており、鏡筒PCに接続される不図示の回収管の分岐した各々の流路には不図示の開閉機構がそれぞれ設けられている。これらの開閉機構は、照明チャンバIC、レチクル室RC、及び鏡筒PC内の光学素子で仕切られる各々の空間に供給された窒素ガスを個別に排出するために設けられており、主制御系25により各々の開閉動作が制御される。

【0036】

更に、ウェハ室WCには、上記の給気管33a～33c等とは別個に、ウェハ室WC内に温調された不活性ガスとしての窒素ガスを供給する窒素ガス供給装置37と、ウェハ室WC内に供給された窒素ガスを回収する窒素ガス回収装置38とがそれぞれ接続されている。尚、窒素ガスは、水分を含んでいないドライ窒素ガスであることが望ましい。これら窒素ガス供給装置37及び窒素ガス回収装置38は、ウェハ室WC内を窒素ガスで充満させることで、液体wの電気伝導率又は誘電率を変化させる気体成分（例えば、空気中の二酸化炭素）が投影光学系PLとウェハWとの間に供給された液体wに溶解するのを防止するために設けられている。

【0037】

前述した通り、静電容量センサは、投影光学系PLに取り付けられた検出電極D1と接地電位に設定されたウェハWとの間の電気容量を検出しており、液体wが純水等の不導体であれば検出電極D1とウェハWの間には変位電流のみが流れる。しかしながら、二酸化炭素等の気体成分が液体wに溶解すると液体wが電気伝導性を有し、検出電極D1とウェハWとの間に変位電流のみならずリーク電流が流れるため、リーク電流の分だけ検出誤差が生ずる。純水を大気中に放置すると、純水は空気中の二酸化炭素を急激に溶解し、特に電気伝導率が急激に上昇することが知られているため、純水を大気に触れさせることは好ましくない。

【0038】

検出電極D1を絶縁体で被覆すればリーク電流を防止することもできるが、絶縁体で被覆された検出電極D1を用いることができない場合もある。また、絶縁体で被覆された検出電極D1を用いた場合にはリーク電流は流れないものの、気体成分の溶解量によって液体wの誘電率が変わるため、これによっても検出誤差が生ずる。このため、本実施形態では、液体w中にこれらの気体成分が溶解するのを防止すべくウェハ室WC内を窒素ガス

10

20

30

40

50

で充填させている。窒素ガス供給装置 37 による窒素ガスの供給量及び窒素ガス回収装置 38 による窒素ガスの回収量は主制御系 25 によって制御される。

【0039】

次に、上記構成における露光装置の動作について説明する。まず、主制御系 25 は、照明系チャンバ IC、レチクル室 RC、及び鏡筒 PC 内の光学素子で仕切られる各々の空間に設けられた不図示の圧力センサの検出結果に基づいて流量調整機構 34a~34c を調整して各々に流入する窒素ガスの流量を制御し、照明系チャンバ IC、レチクル室 RC、及び鏡筒 PC 内の光学素子で仕切られる各々の空間内の圧力を個別に制御する。また、窒素ガス供給装置 37 及び窒素ガス回収装置 38 の各々に制御信号を出力して、ウェハ室 WC 内に窒素ガスを供給するとともにウェハ室 WC に供給された窒素ガスを回収して、ウェハ室 WC 内を窒素ガスで充填させる。

10

【0040】

次に、主制御系 25 は、図示しないウェハローダ装置を制御し、露光対象のウェハ W を不図示のロードロック室を介してウェハ室 WC 内に搬入してウェハホルダ 21 上に載置させる。また、ウェハ W の搬入を行っている間、主制御系 25 は不図示のレチクルライブラリから所定のレチクルを搬入してレチクルステージ 20 上に載置させる。主制御系 25 の制御の下、照明系チャンバ IC、レチクル室 RC、及び鏡筒 PC 内の光学素子で仕切られる各々の空間の圧力が一定に保たれ、ウェハ室 WC 内が窒素ガスで充填されている状態で、主制御系 25 は液体供給装置 27 及び液体回収装置 28 に制御信号を出力する。

【0041】

20

これにより、液体供給装置 27 から供給管 29 及び供給ノズル 30 を順に介して投影光学系 PL とウェハ W との間の空間の少なくとも一部に液体 w が供給される。ここで、ウェハ室 WC 内は窒素ガスで充填されているため、二酸化炭素等の気体成分が液体 w に溶解することはなく、液体 w の電気伝導性率及び誘電率は変化しない。投影光学系 PL とウェハ W との間に供給された液体 w は回収ノズル 32 及び回収管 31 を順に介して液体回収装置 28 に回収される。

【0042】

投影光学系 PL とウェハ W との間に液体 w が供給されている状態で、主制御系 25 はレチクルステージ 20 及びウェハステージ 22 を走査方向 SD へ移動させ、所定の速度に達した後、露光光源 10 に対して制御信号を出力して露光光 IL を射出させる。露光光源 10 から射出された露光光 IL は、ミラー 11 で +Z 方向に反射され、ビーム整形光学系 12 を介した後、フライアイレンズ 13 に入射する。フライアイレンズ 13 から射出されて開口絞り板に形成された開口絞りの何れか 1 つを通過した露光光 IL は、ミラー 14 によって Y+ 方向に反射されて、リレーレンズ 15 を介して視野絞り 16 に達する。視野絞り 16 を通過した露光光 IL は、リレーレンズ 17、ミラー 18、及び照明系チャンバ IC の先端部に固定されたコンデンサレンズ系 19 を順に介してレチクル R のレチクル面に設定された長方形（スリット状）の照明領域を均一な照度分布で照明する。

30

【0043】

レチクル R を透過した露光光 IL は投影光学系 PL に入射して投影光学系 PL を介した後、投影光学系 PL とウェハ W との間に供給される液体 w を透過してウェハ W 上に投影される。このとき、レチクル R とウェハ W とが相対的に移動しているため、レチクル R のパターンが逐次ウェハ W のショット領域に転写される。かかる露光処理を行っている間において、主制御系 25 は検出電極 D1 とウェハ W との間に流れる電流（変位電流）が一定となるよう検出電極 D1 に印加する交流電圧を制御し、流れている電流と印加している交流電圧とから検出電極 D1 と接地電位にあるウェハ W との間の電気容量を検出し、この検出結果から投影光学系 PL とウェハ W との間の距離を求める。そして、この距離に応じてウェハステージ 22 を Z 方向に移動させ、ウェハ W の表面が投影光学系 PL の像面に合わせ込んでいる。1 つのショット領域に対する露光処理が完了すると、主制御系 25 はウェハステージ 22 を X 方向又は Y 方向にステップ移動させて、次のショット領域に対して同様に露光処理を行う。

40

50

【0044】

このように、本実施形態の露光装置EXは、ウェハ室WC内を窒素ガスで充満させて液体wに二酸化炭素等の気体成分が溶解しないようにしているため、検出電極D1とウェハWとの間の電気容量を精確に検出することができ、その結果として投影光学系PLとウェハWとの間の距離を高い精度で求めることができる。そして、求められた距離に応じてウェハステージ22をZ方向に移動させることで、精度良くウェハWの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むことができるため、微細なパターンを忠実にウェハW上に転写することができる。

【0045】

〔第2実施形態〕

以上説明した第1実施形態は、ウェハステージ22及び鏡筒PCの下方部を含むウェハ室WC内に窒素ガスを供給する構成であったため、窒素ガスの消費量が多くなる。また、ウェハ室WC内部の気密性を保った状態でウェハWの搬入及び搬出を行うためのロードロック室（不図示）を必要とする。このため、第1実施形態の構成では露光装置EXのコスト及びランニングコストが高くなる。また、ウェハステージ22等がウェハ室WC内に密閉された構造であるため、メンテナンス性も悪くなる。以下に説明する本発明の第2実施形態による露光装置は、以上の問題点を解消すべく、液体wの周囲に局所的に窒素ガスを供給している。

【0046】

本発明の第2実施形態による露光装置の全体構成は、図1に示した本発明の第1実施形態による露光装置EXから窒素ガス供給装置37、窒素ガス回収装置37、及びウェハ室WCを省いた構成である。図2は、本発明の第2実施形態による露光装置の要部の概略構成を示す断面図である。尚、図2においては、図1に示した部材に相当する部材には同一の符号を付してある。図2に示す通り、本実施形態の露光装置は、投影光学系PLの像面側の先端部に、投影光学系PLとウェハWとの間に液体wを導くとともに供給した液体wを回収し、且つ液体wの周囲に局所的に窒素ガスを導くとともに供給した窒素ガスを回収する供給回収部材としての供給回収板40を備えている。

【0047】

図3は、供給回収板40の構成を示す断面斜視図である。図3に示す通り、供給回収板40は、例えば合成石英又は蛍石で形成された外形形状が略長方形形状の部材である。供給回収板40のウェハWに対向する面の中央部CRは、投影光学系PLを介した露光光ILが通過する領域である。この中央部CRのほぼ中心を投影光学系PLの光軸AXが通るように、供給回収板40は投影光学系PLの像面側の先端部に配置されている。また、図2に示す通り、中央部CR上であって、露光光ILを遮光しない部位に静電容量センサの一部をなす検出電極D2が形成されている。尚、本実施形態の投影光学系PLは、図1に示した投影光学系PLと光学特性が全く同一ではなく、供給回収板40を含めた光学設計がなされている。

【0048】

供給回収板40のウェハWに対向する面には、中央部CRを取り囲むように複数の溝が形成されており、図3に示す通り、内側から順に液体供給溝G1、液体回収溝G2、窒素ガス供給溝G3、及び窒素ガス回収溝G4が形成されている。また、図2に示す通り、液体供給溝G1には供給管29を介して液体供給装置27が接続され、液体回収溝G2には回収管31を介して液体回収装置28が接続されている。また、窒素ガス供給溝G3には給気管42を介して窒素ガス供給装置41が接続され、窒素ガス回収溝G4には排気管44を介して窒素ガス回収装置43が接続されている。供給回収板40の各々の溝には複数の孔（不図示）が形成されており、供給管29、回収管31、給気管42、及び排気管44の先端部は対応する溝に形成された孔の数だけ枝分かれして、それぞれ対応する溝の孔に接続されている。

【0049】

液体供給溝G1及び液体回収溝G2を取り囲むように窒素ガス供給溝G3が形成されて

10

20

30

40

50

いるのは、液体 w の周囲に窒素ガスを局所的に導いて液体 w の周囲の大気を押し出すことで、大気内の二酸化炭素等の気体成分が液体 w に溶解するのを防止するためである。また、窒素ガス供給溝 G 3 からの窒素ガスが大気中（露光装置 E X を収納する不図示の大きなチャンバ内）に拡散すると、窒素ガスと大気との屈折率との差からレーザ干渉計 2 4 等の計測に影響が生ずる。かかる影響を防止するため、窒素ガス供給溝 G 3 を取り囲むように窒素ガス回収溝 G 4 が形成されており、窒素ガス供給溝 G 3 から供給される窒素ガスを全て窒素ガス回収溝 G 4 から回収して排気するようにしている。

【0050】

上記構成において、ウェハ W に対する露光処理を行う場合には、まず主制御系 2 5 はウェハ W 及びレチクル R を搬入させて、レチクルステージ 2 0 及びウェハホルダ 2 1 上にそれぞれ保持させる。次に、主制御系 2 5 は液体供給装置 2 7 及び液体回収装置 2 8 に制御信号を出力して、供給管 2 9 を介して供給回収板 4 0 に形成された液体供給溝 G 1 から供給回収板 4 0 とウェハ W との間に液体 w を供給するとともに、供給された液体 w を液体回収溝 G 2 から回収管 3 1 を介して回収する。

10

【0051】

また、主制御系 2 5 は窒素ガス供給装置 4 1 及び窒素ガス回収装置 4 3 に制御信号を出力して、給気管 4 2 を介して窒素ガス供給溝 G 3 から液体 w の周囲に窒素ガスを供給する。これにより液体 w の周囲の大気が押し出され、液体 w の周囲は局所的に窒素ガスで覆われる状態になる。液体 w の周囲に局所的に供給された窒素ガスは窒素ガス回収溝 G 4 から排気管 4 4 を介して窒素ガス回収装置 4 3 に回収して排気される。この状態で、主制御系 2 5 はレチクルステージ 2 0 及びウェハステージ 2 2 を走査方向 S D へ移動させ、所定の速度になった後で露光光源 1 から露光光 I L を射出させることにより、第 1 実施形態と同様にウェハ W のショット領域にレチクル R のパターンが転写される。

20

【0052】

尚、レチクル R のパターンを転写している間において、主制御系 2 5 は供給回収板 4 0 に形成された検出電極 D 2 とウェハ W との間に流れる電流（変位電流）が一定となるよう検出電極 D 2 に印加する交流電圧を制御し、流れている電流と印加している交流電圧とから検出電極 D 2 と接地電位にあるウェハ W との間の電気容量を検出し、この検出結果から投影光学系 P L とウェハ W との間の距離を求める。そして、この距離に応じてウェハステージ 2 2 を Z 方向に移動させ、ウェハ W の表面が投影光学系 P L の像面に合わせ込んでいる。1 つのショット領域に対する露光処理が完了すると、主制御系 2 5 はウェハステージ 2 2 を X 方向又は Y 方向にステップ移動させて、次のショット領域に対して同様に露光処理を行う。

30

【0053】

このように、本実施形態の露光装置 E X は、投影光学系 P L（供給回収板 4 0）とウェハ W との間に供給される液体 w の周囲に窒素ガスを局所的に供給することで液体 w に二酸化炭素等の気体成分が溶解しないようにしているため、低コストで検出電極 D 2 とウェハ W との間の電気容量を精確に検出することができ、その結果として投影光学系 P L とウェハ W との間の距離を高い精度で求めることができる。そして、求められた距離に応じてウェハステージ 2 2 を Z 方向に移動させることで、精度良くウェハ W の表面を投影光学系 P L の像面に合わせ込むことができるため、微細なパターンを忠実にウェハ W 上に転写することができる。また、本実施形態の露光装置 E X は、第 1 実施形態のように、ウェハ操作部 W O を密閉するウェハ室 W C を設けていないため、露光装置 E X のコスト上昇を抑えることができるとともに、窒素ガスの消費量が少ないことからランニングコストを低減することができ、更にメンテナンス性を悪化させることもない。

40

【0054】

〔第 3 実施形態〕

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。本実施形態の露光装置の全体構成は、第 2 実施形態とほぼ同様である。つまり、図 1 に示した本発明の第 1 実施形態による露光装置 E X から窒素ガス供給装置 3 7、窒素ガス回収装置 3 7、及びウェハ室 W C を省いた

50

構成である。図4は、本発明の第3実施形態による露光装置が備えるウェハステージを示す図であって、(a)は上面図であり、(b)は(a)中に示したA-A線の断面矢視図である。尚、図4においても、図1に示した部材に相当する部材には同一の符号を付してある。

【0055】

図4に示す通り、本実施形態の露光装置は、ウェハステージ22上に、ウェハWを取り囲むように配置された金属部材としての金属リング50を備える。この金属リング50は、ウェハWの縁部において、投影光学系PLに取り付けられた検出電極からの電気力線の乱れを防止するために設けられる。尚、電気力線の乱れ防止の詳細については後述する。金属リング50は、その表面位置がウェハWの表面位置とほぼ同一に設定されており、その電位が接地電位と等しくなるようにアースされている。ウェハWには厚みの公差があるため、金属リング50の表面位置を完全にウェハWの表面位置に一致させる必要はない。この金属リング50の材質は制限されないが、例えば耐食性を有するステンレスが望ましい。尚、ウェハステージ22上の端部には、X方向の位置情報を計測するためのY方向に延びた移動鏡23XとY方向の位置情報を計測するためのX方向に延びる移動鏡23Yとが設けられている。

10

【0056】

ここで、投影光学系PLに設けられる検出電極について詳細に説明する。図5は、静電容量センサに設けられる検出電極の構成を示す図である。静電容量センサD10は、投影光学系PLに含まれる光学素子のうちの最も像面側に位置する光学素子(所謂、先玉)L1のウェハW側に向く面に複数取り付けられている。図5に示す例では、静電容量センサD10はX方向に伸びるスリット状の露光光ILの通過領域TをY方向に挟んで、X方向に等間隔をもって配列されている。通過領域Tに対して-Y方向に配列された静電容量センサD10は、ウェハWを+Y方向に移動しつつ露光するとき投影光学系PLとウェハWとの間の距離を測定するために用いられ、逆に通過領域Tに対して+Y方向に配列された静電容量センサD10は、ウェハWを-Y方向に移動しつつ露光するとき投影光学系PLとウェハWとの間の距離を測定するために用いられる。

20

【0057】

静電容量センサD10は、Y方向に伸びる検出電極としてのセンサ電極D11と、センサ電極D11を取り囲むように設けられた補助電極としてのガード電極D12とを含んで構成される。センサ電極D11は、接地されたウェハWとの間の電気容量を検出するために用いられる電極であり、ガード電極D12は、センサ電極D11からウェハWに伸びる電気力線うちの端部における電気力線の曲がり防止のための電極である。

30

【0058】

ここで、センサ電極D11と接地されたウェハWとを平行極板コンデンサと見立てた場合に、平行極板コンデンサの電気容量Cは以下の(1)式で表される。

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot S / d \quad \dots \dots (1)$$

上記(1)式において、 ϵ_0 は真空の誘電率、 ϵ_r はセンサ電極D11とウェハWとの間に配置される物質(例えば、純水)の比誘電率、Sは、センサ電極D11とウェハWとが重なる部分の面積、dはセンサ電極D11とウェハWとの距離である。

40

【0059】

上記(1)式は、センサ電極D11とウェハWとの間の電気力線が全て平行であるときに成り立つ式であり、平行極板コンデンサのみの場合には電気力線は平行極板コンデンサの端部において曲がるため、平行極板コンデンサの容量は上記(1)式からずれたものになる。本実施形態では、平行極板コンデンサに流れる電流が一定となるように印加する交流電圧を調整して平行極板コンデンサの電気容量を検出し、この検出結果から投影光学系PL(センサ電極D11)とウェハWとの間の距離を求めている。

【0060】

このため、端部における電気力線の曲がりの影響によって平行極板コンデンサの電気容量の検出誤差が生ずると、投影光学系PLとウェハWとの間の距離の計測精度が悪化する

50

ことになる。かかる計測精度の悪化を防止するために、本実施形態では、センサ電極 D 1 1 を取り囲むようにガード電極 D 1 2 を設け、センサ電極 D 1 1 に印加する交流電圧と同一（同相）の交流電圧をガード電極 D 1 2 に印加することで、センサ電極 D 1 1 からの電気力線の端部における電気力線の曲がり防止している。

【0061】

センサ電極 D 1 1 の一端には他の部分よりも面積が大きく設定された検出パッド部 P D 1 が設けられており、他端にはセンサ電極 D 1 1 に交流電圧を印加するための信号線が接続される接続パッド部 P D 2 が設けられている。また、ガード電極 D 1 2 は、パターンの幅がほぼ一定であり、センサ電極 D 1 1 に対して所定の隙間をもってセンサ電極 D 1 1 を取り囲む形状に設定され、その一端にはセンサ電極 D 1 1 に印加する交流電圧と同一（同相）の交流電圧をガード電極 D 1 2 に印加するための接続パッド部 P D 3 が形成されている。

10

【0062】

光学素子 L 1 の中央部はほぼ平坦であり、周辺部は外側ほど表面位置が + Z 方向に位置するよう傾斜している。検出パッド部 P D 1 は光学素子 L 1 の平坦部に形成されており、接続パッド部 P D 2, P D 3 は光学素子 L 1 の傾斜している周辺部に形成されている。このため、投影光学系 P L の下方（- Z 方向）にウェハ W を配置したときに、検出パッド部 P D 1 は接続パッド部 P D 2, P D 3 よりもウェハ W に接近した位置に配置されることになるため、接続パッド部 P D 2, P D 3 からの電気力線が計測に与える影響を極めて少なくすることができる。尚、光学素子 L 1 の平坦部には、通過領域 T 及び静電容量センサ D 1 0 の形成箇所以外の全面に亘って接地電極 D 2 0 が形成されている。

20

【0063】

次に、静電容量センサ D 1 0 とウェハ W との間の電気力線について考察する。図 6 は、静電容量センサ D 1 0 とウェハ W との間の電気力線を説明するための図である。尚、図 6 においては、投影光学系 P L の図示を省略するとともに静電容量センサ D 1 0 を簡略化して図示しており、更に投影光学系 P L とウェハ W との間に供給される液体 w も図示を省略している。

【0064】

まず、図 6 (a) に示す通り、静電容量センサ D 1 0 の 1 つが、ウェハ W の中央部の上方に位置する場合を考える。この場合には、ガード電極 D 1 2 によって形成される電気力線により、センサ電極 D 1 1 からの電気力線はほぼ平行になる。このため、センサ電極 D 1 1 とウェハ W とを理想的な平行極板コンデンサと見なすことができ、上記の (1) 式を適用することができる。

30

【0065】

次に、図 6 (b) に示す通り、静電容量センサ D 1 0 の 1 つがウェハ W の縁部の上方に位置している場合には、静電容量センサ D 1 0 からの電気力線の一部がウェハ W の側面に向かって入射するようになり、電気力線が著しく曲がってしまう。図 6 (b) に示す例では、ガード電極 D 1 2 からの電気力線がウェハ W の側面に入射しており、センサ電極 D 1 1 の電気力線はウェハ W の側面には入射していない。しかしながら、ガード電極 D 1 2 からの電気力線の曲がりの影響を受けて、センサ電極 D 1 1 からの電気力線も曲がってしまう。これによって、センサ電極 D 1 1 とウェハ W との間の電気容量が変化し、その結果として投影光学系 P L とウェハ W との間の距離の計測誤差が生ずる。

40

【0066】

これに対し、本実施形態では、図 6 (c) に示す通り、ウェハステージ 2 2 上に、ウェハ W を取り囲むように金属リング 5 0 を設け、しかも金属リング 5 0 の表面位置の高さをウェハ W の表面位置と同様にしている。このため、図 6 (b) と同様に、静電容量センサ D 1 0 がウェハ W の縁部の上方に位置していても、ガード電極 D 1 2 からの電気力線は、大きく曲がることなく金属リング 5 0 に入射し、ほぼ図 6 (a) に示した状態の電気力線が得られる。この結果、センサ電極 D 1 1 からの電気力線がガード電極 D 1 2 の電気力線の影響を受けて大きく曲がるという事態を防止することができ、投影光学系 P L とウェハ

50

Wとの間の距離の計測誤差は殆ど生じない。

【0067】

ウェハWの周囲に金属リング50を設けることによって、静電容量センサD10がウェハWの中央部の上方に位置していても、端部の上方に位置していても精確に投影光学系PL（静電容量センサD10）とウェハWとの間の距離を測定することができる。その結果、ウェハWの中央部に位置するショット領域及びウェハWの端部に位置するショット領域の何れの領域を露光する場合であっても、ウェハWの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込んだ状態で露光することができる。

【0068】

また、ウェハWの周囲に金属リング50を設けると、投影光学系PLとウェハWとの間に供給された液体wが金属リング50上にも保持されることになる。このため、金属リング50は、例えばフッ素コート等の撥水性コートが施されているのが望ましい。図7は、金属リング50によって液体wが保持される様子を示す図である。金属リング50の表面には撥水性を有する被覆51が形成されている。ウェハWの周囲に金属リング50を設けることで、液体wがウェハWの縁部から即座にウェハステージ22上に漏れ落ちることを防止することができ、また金属リング50に表面に撥水性を有する被覆51を形成することで、液体wがウェハWと金属リング50との間の隙間に浸入するのを防止することができる。

10

【0069】

液体wがウェハステージ22上に漏れ落ちると、ウェハステージ22内部に浸入してウェハステージ22の部品を腐食させる虞がある。また、ウェハステージ22上に液体wが残存すると、液体wが蒸発して投影光学系PLに設けられた光学素子にウォータマークを形成し、又は気化熱を奪ってウェハステージ22の温度変動を引き起こす要因となる。本実施形態では、これらの不具合を防止することができる。

20

【0070】

尚、ここでは液体wとして純水を用いる場合を考えているため、撥水性を有する被覆51を金属リング50に形成していたが、液体wとして親油性のものを用いる場合には、被覆51として撥油性を有するものを用いるのが望ましい。勿論、撥水性及び撥油性の両方の被覆がなされていても良い。また、上記の金属リング50は全体が金属で形成されていても良いが、セラミックス等に金属メッキを施したのものを用いれば金属リング50の軽量化、ひいてはウェハステージ22の軽量化を図ることができる。また、液体wが純水等の不導体ではない場合には、リーク電流を防止するために、金属の表面に絶縁膜をコートしたものをを用いることが好ましい。

30

【0071】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に制限されず、本発明の範囲内で自由に変更が可能である。例えば、前述した第1実施形態においては、ウェハ室WCに供給する不活性ガスとして窒素ガスを用い、前述した第2実施形態においては、液体wの周囲に局所的に供給する不活性ガスを用いていたが、窒素ガス以外にハロゲンガス（Ar、Kr）等を用いることもできる。

【0072】

尚、上記実施形態においては、露光光源1として、ArFエキシマレーザ光源を使用しているため、液体wとして純水を用いている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウェハW上のフォトレジストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有率が極めて低いため、ウェハW表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

40

【0073】

波長が193nm程度の露光光に対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.44であるため、露光光の光源としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を用いた場合、ウェハW上では $1/n$ 、即ち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦

50

点深度は空気中に比べて約 n 倍、即ち約 1.44 倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 PL の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【0074】

尚、液浸露光に用いる露光光源 1 として KrF エキシマレーザ光源や F_2 レーザ光源を用いることもできる。 F_2 レーザ光源を用いる場合、液浸露光用の液体としては F_2 レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル (PFPE) 等のフッ素系の液体を用いればよい。また、その他にも、露光光に対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系 PL やウェハ W 表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの (例えばセダー油) を用いることも可能である。露光光源 1 として KrF エキシマレーザ光源を用いる場合には、大気による吸収が小さいため、照明系チャンバ IC 及びレチクル室 RC を省略することができる。

10

【0075】

また、本発明は、特開平 10-163099 号公報、特開平 10-214783 号公報、特表 2000-505958 号公報等に記載されているように、ウェハ等の被処理基板を別々に載置して XY 方向に独立に移動可能な 2 つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0076】

更に、光源として DFB 半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム (又はエルビウムとイットリビウムの両方) がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。例えば、単一波長レーザの発振波長を 1.51~1.59 μm の範囲内とすると、発生波長が 189~199 nm の範囲内である 8 倍高調波、又は発生波長が 151~159 nm の範囲内である 10 倍高調波が出力される。

20

【0077】

特に、発振波長を 1.544~1.553 μm の範囲内とすると、発生波長が 193~194 nm の範囲内の 8 倍高調波、即ち ArF エキシマレーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を 1.57~1.58 μm の範囲内とすると、発生波長が 157~158 nm の範囲内の 10 倍高調波、即ち F_2 レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。また、発振波長を 1.03~1.12 μm の範囲内とすると、発生波長が 147~160 nm の範囲内である 7 倍高調波が出力され、特に発振波長を 1.099~1.106 μm の範囲内とすると、発生波長が 157~158 μm の範囲内の 7 倍高調波、即ち F_2 レーザ光とほぼ同一波長となる紫外光が得られる。この場合、単一波長発振レーザとしては例えばイットリビウム・ドープ・ファイバーレーザを用いることができる。

30

【0078】

また、露光光 IL として波長 157 nm の真空紫外光を用いる場合、この露光光 IL は酸素 (O_2)、水 (水蒸気: H_2O)、一酸化炭素 (CO)、炭酸ガス (二酸化炭素: CO_2)、有機物、及びハロゲン化物等によって吸収される。一方、この露光光 IL は、窒素ガス (N_2) 及び水素 (H_2)、並びにヘリウム (He)、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、クリプトン (Kr)、キセノン (Xe)、及びラドン (Rn) 等の希ガスには殆ど吸収されない。前述した実施形態では透過性ガスとして窒素ガスを用いた場合を例に挙げて説明したが、窒素ガス以外に水素ガス、又はこれらの希ガスを用いることもできる。

40

【0079】

窒素ガスは波長が 150 nm 程度以下の光に対しては吸光物質として作用し、ヘリウムガスは波長 100 nm 程度まで透過性ガスとして使用することができる。また、ヘリウムガスは熱伝導率が窒素ガスの約 6 倍であり、気圧変化に対する屈折率の変動量が窒素ガスの約 1/8 であるため、特に高透過率と光学系の結像特性の安定性や冷却性とで優れている。尚、ヘリウムガスは高価であるため、露光光の波長が F_2 レーザのように 150 nm 以上であれば、運転コストを低減させるためにその透過性ガスとして窒素ガスを使用して

50

もよい。

【0080】

また、前述した実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を例に挙げて説明したが、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置にも本発明を適用することができる。更に、本発明は半導体素子の製造に用いられる露光装置だけではなく、液晶表示素子（LCD）等を含むディスプレイの製造に用いられてデバイスパターンをガラスプレート上へ転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられてデバイスパターンをセラミックウェハ上へ転写する露光装置、及びCCD等の撮像素子の製造に用いられる露光装置等にも適用することができる。更には、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウェハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーパされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウェハなどが用いられる。なお、このような露光装置は、WO99/34255号、WO99/50712号、WO99/66370号、特開平11-194479号、特開2000-12453号、特開2000-29202号等に開示されている。

10

【0081】

次に、本発明の実施形態による露光装置及び露光方法をリソグラフィ工程で使用したマイクロデバイスの製造方法の実施形態について説明する。図8は、マイクロデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造工程の一例を示すフローチャートである。図8に示すように、まず、ステップS10（設計ステップ）において、マイクロデバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップS11（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル）を製作する。一方、ステップS12（ウェハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウェハを製造する。

20

【0082】

次に、ステップS13（ウェハ処理ステップ）において、ステップS10～ステップS12で用意したマスクとウェハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウェハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップS14（デバイス組立ステップ）において、ステップS13で処理されたウェハを用いてデバイス組立を行う。このステップS14には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。最後に、ステップS15（検査ステップ）において、ステップS14で作製されたマイクロデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にマイクロデバイスが完成し、これが出荷される。

30

【0083】

図9は、半導体デバイスの場合における、図8のステップS13の詳細なフローの一例を示す図である。図9において、ステップS21（酸化ステップ）においてはウェハの表面を酸化させる。ステップS22（CVDステップ）においてはウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップS23（電極形成ステップ）においてはウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS24（イオン打込みステップ）においてはウェハにイオンを打ち込む。以上のステップS21～ステップS24のそれぞれは、ウェハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

40

【0084】

ウェハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップS25（レジスト形成ステップ）において、ウェハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップS26（露光ステッ

50

プ)において、上で説明したリソグラフィシステム(露光装置)及び露光方法によってマスクの回路パターンをウェハに転写する。次に、ステップS27(現像ステップ)においては露光されたウェハを現像し、ステップS28(エッチングステップ)において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップS29(レジスト除去ステップ)において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0085】

以上説明した本実施形態のマイクロデバイス製造方法を用いれば、露光工程(ステップS26)において、ウェハWが投影光学系PLの像面に精確に合わせ込まれた状態で露光される。このため、レチクルRに形成された微細なパターンをウェハW上へ精確に転写することができ、結果的に微細なパターンを有する高集積度のデバイスを歩留まり良く生産することができる。

【図面の簡単な説明】

【0086】

【図1】本発明の第1実施形態による露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の第2実施形態による露光装置の要部の概略構成を示す断面図である。

【図3】供給回収板40の構成を示す断面斜視図である。

【図4】本発明の第3実施形態による露光装置が備えるウェハステージを示す図である。

【図5】静電容量センサに設けられる検出電極の構成を示す図である。

【図6】静電容量センサD10とウェハWとの間の電気力線を説明するための図である。

【図7】金属リング50によって液体wが保持される様子を示す図である。

【図8】マイクロデバイスの製造工程の一例を示すフローチャートである。

【図9】半導体デバイスの場合における、図8のステップS13の詳細なフローの一例を示す図である。

【符号の説明】

【0087】

25	主制御系(検出装置)
37	窒素ガス供給装置(ガス供給装置)
38	窒素ガス回収装置(ガス回収装置)
40	供給回収板(ガス供給装置、ガス回収装置)
41	窒素ガス供給装置(ガス供給装置)
43	窒素ガス回収装置(ガス回収装置)
50	金属リング(金属部材)
D1	検出電極(検出装置)
D2	検出電極(検出装置)
D10	静電容量センサ(検出装置)
D11	センサ電極(検出電極)
D12	ガード電極(補助電極)
EX	露光装置
G1	液体供給溝(第1溝)
G2	液体回収溝(第2溝)
G3	窒素ガス供給溝(第3溝)
G4	窒素ガス回収溝(第4溝)
PL	投影光学系
W	ウェハ(基板)
w	液体
WC	ウェハ室(ガス供給装置)

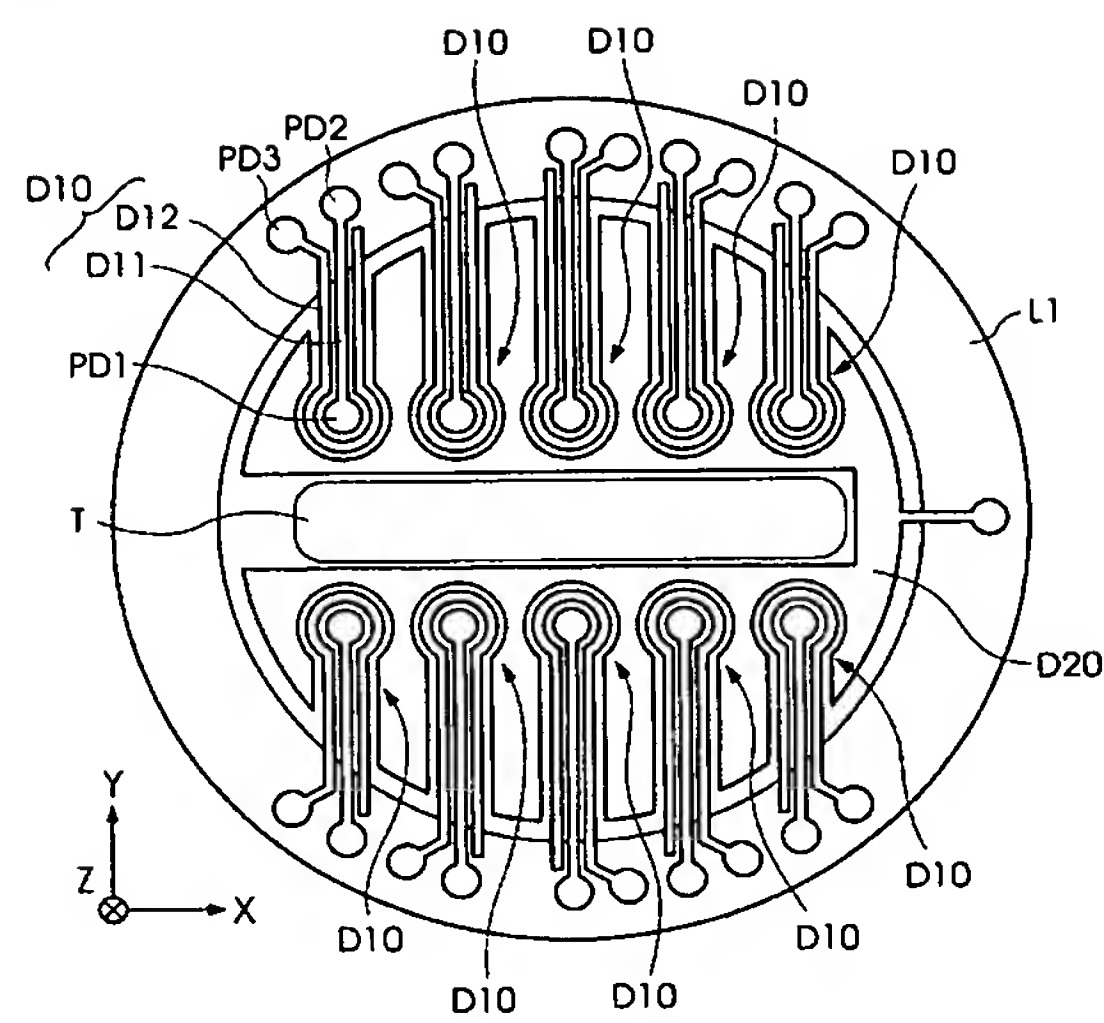
10

20

30

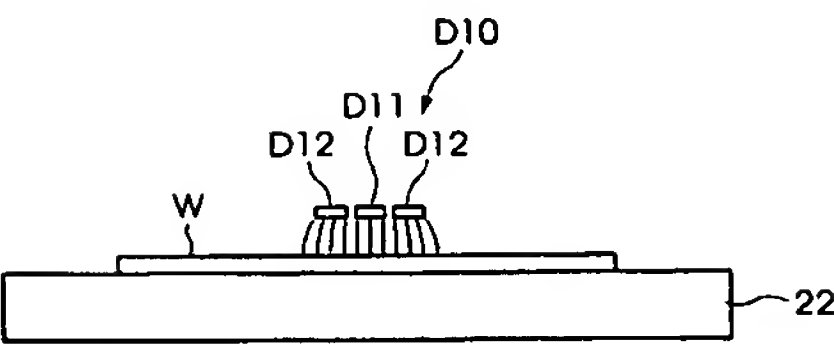
40

【図 5】

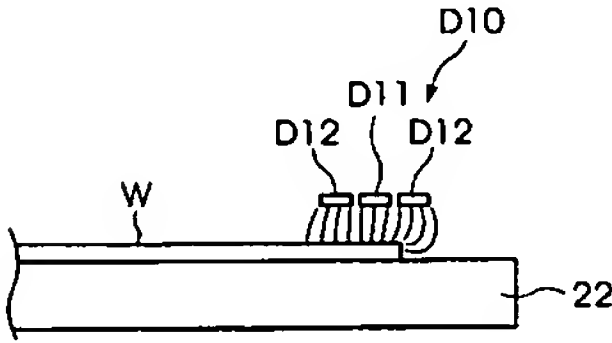


【図 6】

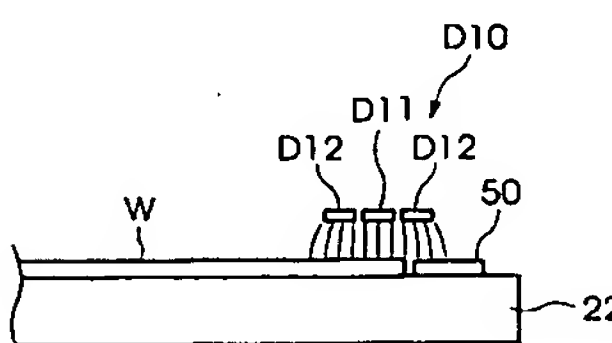
(a)



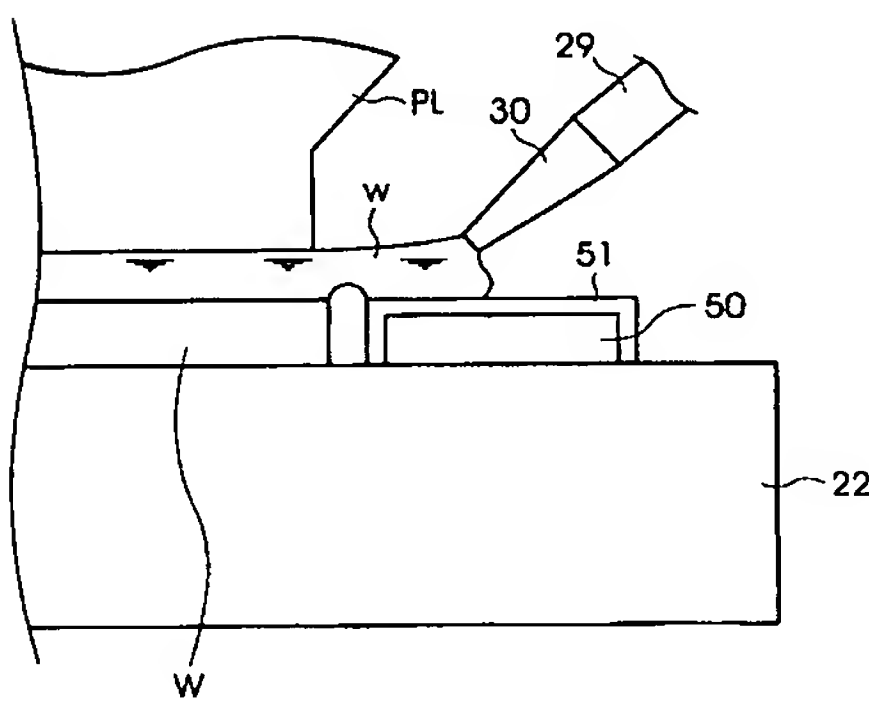
(b)



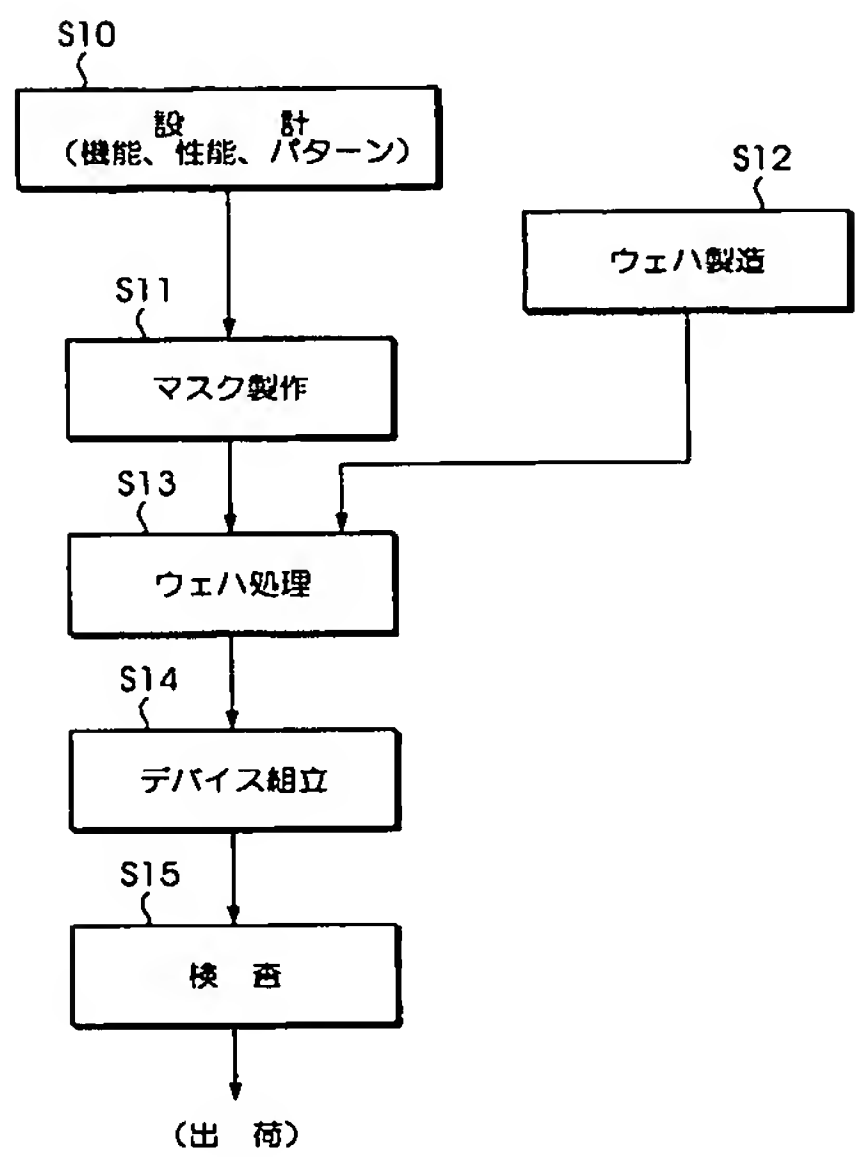
(c)



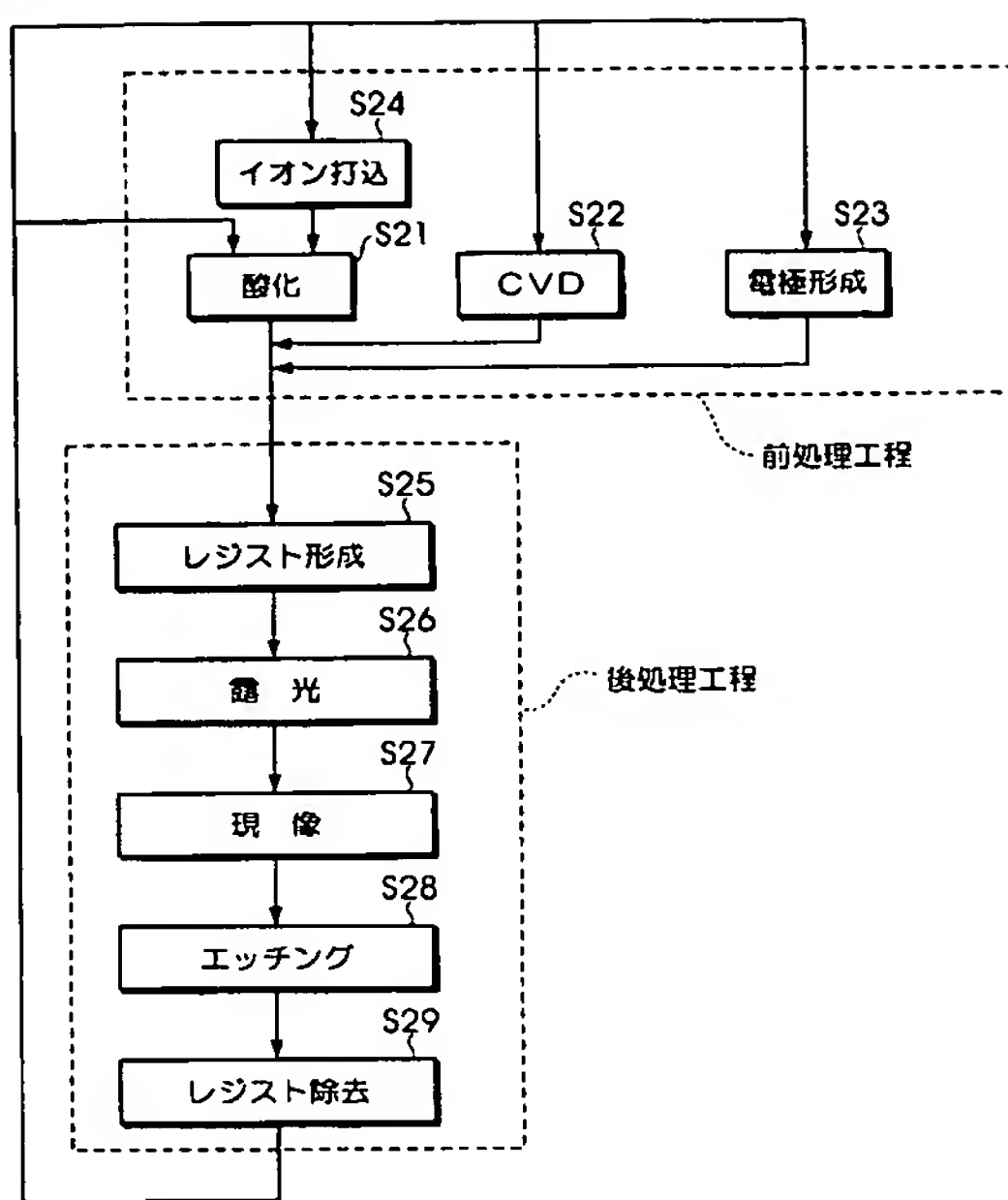
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F063 AA02 BA26 BB06 BC06 CA34 DA01 DA05 DC08 HA01 HA04
HA19
5F046 BA05 DA07 DA14 DB07 DB11 DC09